UNIVERSAL LIBRARY

Deutsche Forschung

Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

(Deutsche Gemeinschaft zur Erhaltung und Förderung der Forschung)

Heft 15



Metallforschung

2. Mitteilung

Verlag der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft

Für den Buchhandel durch Karl Siegismund Verlag Berlin

1 9 3 0

Herrose & Ziemsen GmbH., Wittenberg (Bez. Halle)

Inhalt

Vorwort

Wie dringend das Gebiet der Metalle und der mit ihnen zusammenhängenden Dinge weiterer streng wissenschaftlicher Erforschung bedürfe, wie stark sich für die technische und wirtschaftliche Entwicklung überall das Fehlen grundlegender Daten bemerkbar mache, war auf einer Tagung des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute in Goslar erneut und stark zum Ausdruck gekommen. Laut war die Forderung nach einer systematischen und umfassenden Inangriffnahme der ganzen Fülle zur Bearbeitung reifer Probleme erhoben worden, um im wirtschaftlichen Wettkampf zu bestehen. Es entsprach daher einem dringenden Bedürfnis, wenn die Notgemeinschaft als eine der ersten ihrer Gemeinschaftsarbeiten im Bereich der nationalen Wirtschaft, der Volksgesundheit und des Volkswohls, für deren Durchführung sie besondere Mittel im Jahre 1925 vom Reich erbeten und im Frühjahr des Jahres 1926 auch erhalten hatte, nach feststehendem Plan das Gebiet der Metallforschung in Angriff nahm. Dieser Plan ging auch über den Bereich der Kaiser-Wilhelm-Institute für Eisenforschung und Metallforschung hinaus, die mit ihren Mitarbeitern in den Dienst dieser umfangreichen, nationalwirtschaftlich bedeutsamen Forschung traten. Unter Heranziehung einer stattlichen Anzahl von Forschern aus dem ganzen Deutschen Reich ist es gelungen, auf breiter Front die wichtigsten Arbeiten zu fördern.

Schon im Jahre 1928, drei Jahre nach der Aufnahme der Gemeinschaftsarbeiten, hatte die Notgemeinschaft der Öffentlichkeit ein Metallforschungsheft vorlegen können. An dem Beispiele dieses Forschungszweiges, bei dem besonders günstige Bedingungen bestehen, hatte sie zeigen wollen, wie die systematische Erforschung umfangreicher, abbaureifer und nationalwirtschaftlich bedeutsamer Gebiete praktisch durchführbar ist. In dem Zeitraum, welcher zwischen heute und dem Erscheinungstage des Heftes 3 „Metallforschung" der Deutschen Forschung liegt, ist ohne Unterbrechung weitergearbeitet worden. Der Bericht über das Erträgnis dieser Arbeit, nach den einzelnen Jahren

zusammengestellt, bildet den Inhalt dieses Heftes, in welches, um die Vollständigkeit der Übersicht zu ermöglichen, die früheren Mitteilungen nochmals aufgenommen sind.

Es ist eine in der Geschichte der Naturwissenschaften nicht seltene Erscheinung, daß Untersuchungen, welche aus rein wissenschaftlichem Interesse ohne jede Rücksicht auf etwaige praktische Verwendbarkeit der Ergebnisse unternommen worden sind, zum Ausgangspunkt für technisch bedeutsame Entwicklungen werden. Wir haben das bei den Röntgenstrahlen erlebt und erleben es immer wieder bei der Erforschung der stofflichen Welt. Die seltensten Elemente stehen schließlich in ausreichenden Mengen zur Verfügung und finden, wenn sie besondere Eigenschaften aufweisen, ihre Verwendung. Ein ausgezeichnetes Beispiel dafür, dessen Geschichte wir auch der weiteren Öffentlichkeit nicht vorenthalten möchten, bietet uns eines der allerseltensten Metalle, auf welches die Technik aber bereits Hoffnungen setzt, das Rhenium. Der Bericht, welchen uns die Entdecker, Frau Dr. Ida Noddack und Herr Regierungsrat Dr. Walter Noddack, über ihre von der Notgemeinschaft unterstützten, mit Umsicht und zähem Fleiß durchgeführten erfolgreichen systematischen Arbeiten zur Verfügung gestellt haben, ist in dieses Heft aufgenommen worden als ein Muster für den oben geschilderten Entwicklungsgang.

R. Schenck

Bericht über die während der Jahre 1925, 1926, 1927 durchgeführten, von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung

Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. R. Schenck, Münster i. W.

Ungefähr drei Jahre sind vergangen, seit von dem Herrn Präsidenten der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft angeregt worden ist, die wissenschaftliche Tätigkeit in Deutschland nicht nur wie in den ersten schweren Jahren nach dem Weltkriege durch Unterstützung von Einzelarbeiten zu fördern, sondern darüber hinaus bestimmte Forschungsgebiete, deren Ergebnisse der nationalen Wirtschaft, der Volksgesundheit und dem allgemeinen Volkswohl zu nützen geeignet sind, durch planmäßige Zusammenfassung der vorhandenen Forscher und systematische Gemeinschaftsarbeit zur schnelleren Entfaltung zu bringen.

Von Anfang an ist in den Kreis dieser Aufgaben die Metallforschung, deren Arbeiten der wichtigsten Gruppe der menschlichen Werkstoffe und ihrer Erkenntnis gelten, einbezogen worden. Ein besonderer Ausschuß hat im Jahre 1925 einen Arbeitsplan für dieses Gebiet aufgestellt, welcher im Januar bezw. im März 1926 die Genehmigung von Hauptausschuß und Mitgliederversammlung gefunden hat und in dem 5. Bericht der Notgemeinschaft abgedruckt worden ist.

In der Anlaufszeit der ersten beiden Jahre, in der die Mitarbeiter zu werben, Einzelpläne auszuarbeiten, Maschinen und Apparate zum Teil neu zu entwerfen, zu bestellen, anzufertigen oder den besonderen Anforderungen der Versuche anzupassen waren, konnten reiche Früchte und große Ergebnisse noch nicht erwartet werden.

Zwar geben die Berichte der beteiligten Forscher, welche jährlich regelmäßig erstattet werden, auch für die Jahre 1925 und 1926 ein recht erfreuliches Bild; zur vollen Auswirkung aber konnte das segensreiche Eingreifen der Notgemeinschaft in die

Metallforschung erst im dritten Jahre kommen. Einen klaren Begriff von dem Umfange dieser Gemeinschaftsarbeiten geben die zum Teil recht ausführlichen 23 Einzelberichte der beteiligten Forscher und die 68 gedruckten Abhandlungen des letzten Jahres, in denen die bisherigen Ergebnisse niedergelegt worden sind. Noch weitere 10 Manuskripte liegen druckreif für die Veröffentlichung bereit und für mehr als 50 Untersuchungen, welche noch im Gange sind, wurden durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft Mittel zur experimentellen Durchführung und als Forschungsstipendien bereitgestellt.

An den Arbeiten sind zahlreiche ältere und jüngere wissenschaftliche Kräfte beteiligt, welche in den Laboratorien der Universitäten, der Technischen Hochschulen und Bergakademien des Deutschen Reiches, den Instituten der Kaiser-Wilhelm-Gesellschaft und anderen öffentlichen Forschungsinstituten tätig sind. Wenn man die gesamte wissenschaftliche Produktion Deutschlands auf dem Gebiete der Metallforschung zusammenfaßt, so ist sofort zu erkennen, daß, abgesehen von den in den Versuchsanstalten und Forschungsinstituten der großen industriellen Unternehmungen mit deren Mitteln durchgeführten Arbeiten, es kaum eine Untersuchung gibt, welche sich nicht der Unterstützung der Notgemeinschaft zu erfreuen gehabt hätte und daß die in den öffentlichen Laboratorien und Instituten mit Metallproblemen befaßten Forscher sich mit verschwindenden Ausnahmen verständnisvoll für die Gemeinschaftsarbeit zur Verfügung gestellt haben. Dadurch ist die intensive Inangriffnahme der wichtigsten Probleme der Metallforschung und die Entwicklung regen wissenschaftlichen Lebens an ihren Pflegestätten ermöglicht worden und auch in der Öffentlichkeit wächst das Verständnis für ihre Arbeit, nachdem im Oktober und November vergangenen Jahres die Werkstofftagung und die Werkstoffschau weite Volkskreise mit den wissenschaftlichen und technischen Fragen in Berührung gebracht haben, die mit der Welt der Metalle verknüpft sind.

Wie hoch man außerhalb Deutschlands die Forschungstätigkeit auf metallurgischem Gebiete einschätzt, zeigen zwei weitere Ereignisse des vergangenen Jahres. Von Ende August bis Ende September 1927 fand in Kanada der große Berg- und Hüttentag des britischen Imperiums statt. Bei der am 22. August in Montreal abgehaltenen Eröffnungsfeier hat der Präsident des Kongresses, Sir

Robert Horne, seine Rede, in der er die vielgestaltigen berg- und hüttenmännischen Probleme des britischen Gesamtreiches erörterte, in eindrucksvoller Weise mit einer langen Würdigung der Metallforschung geschlossen. Aus ihr zitiere ich nur zwei kurze Sätze:

> "There is no branch of human activity in which the value of research is so great as in the metallurgists craft. No money has been better spent than that which has gone in the costs of the Laboratory."

Die praktische Folgerung, welche er aus seinen Gedankengängen zieht, ist die der Notwendigkeit einer Zusammenarbeit aller an dem Hochstand der Metallurgie interessierten Kreise des englischen Weltreiches.

Auch südlich des Lorenzstromes hat man die große Bedeutung einer wissenschaftlichen Durchdringung der metallurgischen Probleme erkannt und dem U. S. A. Bureau of Mines auf 5 Jahre außerordentlich große Summen für die „Physikalische Chemie der Stahlerzeugung" zur Verfügung gestellt.

Da es bei dieser Sachlage für die Notgemeinschaft einer Rechtfertigung ihrer Aufwendungen für die systematische Metallforschung in Deutschland nicht bedarf, soll vorliegende knappe Zusammenfassung der Berichte der an den Arbeiten beteiligten wissenschaftlichen Kräfte dem Zwecke dienen, festzustellen, welchen Einzelgebieten und Problemen im vergangenen Jahre die Anstrengung der Forscher in erster Linie zugute gekommen ist, welche Fortschritte erzielt wurden, welche Gebiete noch in Bearbeitung sind und vor allem, welche Aufgaben und Bedürfnisse neu in die Erscheinung treten. Dadurch wird der Notgemeinschaft die Möglichkeit gegeben, die Punkte ausfindig zu machen, an denen sie mit ihrer Anregung und ihrer Hilfe am zweckmäßigsten und wirksamsten einsetzen kann.

Den Forschungsarbeiten hat der Plan des Jahres 1925 zugrunde gelegen, auf welchen bereits oben hingewiesen worden ist. Die fünf Kapitel, in welche sich die Probleme der Metallforschung einteilen lassen, behandeln nach ihm:

A. das Wesen des metallischen Zustandes,

B. das Gefüge und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen (Metallographie),

C. die Plastizität und Formgebung,

D. die chemische Metallurgie,
E. die feuerfesten Materialien.

Diese Einteilung wollen wir auch bei dem folgenden Bericht benutzen und nach ihr das vorliegende sehr umfangreiche Material sichten.

Zu A: Über das Wesen des metallischen Zustandes.

Schon in der erwähnten Denkschrift ist gesagt worden, daß das Wesen des metallischen Zustandes mit seiner hohen elektrischen Leitfähigkeit dem Physiker viele Rätsel aufgibt, daß aber die Hoffnung besteht, durch das Studium der Eigenschaften der Metalle bei sehr tiefen Temperaturen in der Erkenntnis ihrer Besonderheiten weiter zu gelangen.

Die Möglichkeit, die tiefsten Temperaturen zu erzeugen und bei ihnen Untersuchungen vorzunehmen, ist aber geknüpft an die Möglichkeit, größere Mengen von Wasserstoff und von Helium zu verflüssigen. Im November 1927 hat die neue Wasserstoff- und Heliumverflüssigungsanlage der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt in Charlottenburg in Betrieb genommen werden können. In dem Neubau, welcher für sie eingerichtet worden ist, sind Räume für Gäste vorgesehen, welche sich der nur an dieser Stelle in Deutschland vorhandenen experimentellen Hilfsmittel für ihre Forschungen bedienen wollen. Die Notgemeinschaft hat die Gastplätze mit den unentbehrlichen Meßinstrumenten und Apparaturen ausgestattet und hat Mittel zur Beschaffung des Edelgases zur Verfügung gestellt. Im Augenblicke ist die Reichsanstalt im Besitze von etwa 3 cbm Helium, das zum Teil von der Auer-Gesellschaft aus Monazitsand, zum Teil aus den unkondensierbaren Gasfraktionen der Großluftverflüssigung (Geschenk der Linde-Gesellschaft) in der Reichsanstalt selbst gewonnen worden ist.

Damit sind die Vorbedingungen für die systematische Untersuchung der spezifisch metallischen Eigenschaften bei den tiefsten Temperaturen geschaffen, und es werden in der nächsten Zeit Besprechungen zur Vorbereitung neuer Studien über die Supraleitfähigkeit und die thermoelektrischen Eigenschaften von unter besonderen Gesichtspunkten ausgewählten Legierungen abgehalten werden. Herr Oberregierungsrat Meißner, der Leiter der Anlage, der selbst Untersuchungen über die Supraleitfähigkeit der Metalle

durchgeführt hat, ist bereit, die Überwachung der neuen Arbeiten zu übernehmen; es wird notwendig werden, ihm dazu das Material und einen oder zwei Forschungsstipendiaten als Forschungshilfskräfte zur Verfügung zu stellen.

Die Notwendigkeit der Beschaffung größerer Mengen von Helium war für die Notgemeinschaft der Anlaß, Untersuchungen über den Heliumgehalt der deutschen Erdgasquellen, der Luft aus den Bergwerksstollen, in denen Bergbau auf radioaktive Gesteine und Erze umgegangen ist, und radioaktiven Quellgasen in die Wege zu leiten. Diese Versuche sind im chemischen Institut der Universität Münster von Dr. Fr. A. Fischer durchgeführt worden. Am reichsten von den untersuchten Erdgasquellen erwies sich die im Besitze der Stadt Münster befindliche in Ascheberg bei Rinkerode, welche im Kubikmeter Erdgas etwa 650 ccm Edelgas enthält; sehr viel kleiner ist der Heliumgehalt der Erdgasquelle von Neuengamme-Hamburg mit 162 ccm. Die Ascheberger Quelle erreicht fast die von Texas und Kanada in bezug auf den Gehalt aber leider nicht in bezug auf die Ergiebigkeit, denn sie liefert nur 9 cbm Erdgas täglich. Gar nicht in Betracht für die Heliumgewinnung kommt die Stollenluft der Gänge aus dem Sächsischen Erzgebirge, von Schneeberg und von Oberschlema, sowie die Quellgase des Radiumbades Brambach bei Bad Elster. Sie enthalten nur 20 bis 30 ccm Helium + Neon im Kubikmeter. Es kommen also für die Beschaffung etwas größerer Mengen des wertvollen Gases nur die Herstellung aus dem Monazitsand und die Trennung von Neon und Helium in den nichtkondensierbaren Abfallgasen der Luftverflüssigung durch Ausfrieren des Neons mit Hilfe von flüssigem Wasserstoff in Frage. Eine kleine Anlage zur Ausführung dieses Scheidungsverfahrens ist in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt vorhanden. Allerdings nimmt die Herstellung größerer Mengen reinen Heliums auf diesem Wege eine geraume Zeit in Anspruch.

Von Metallforschungsergebnissen, welche in der Reichsanstalt bei sehr tiefen Temperaturen mit den von der Notgemeinschaft zur Verfügung gestellten Mitteln ausgeführt worden sind, machen zwei gedruckte Arbeiten Mitteilung. E. Grüneisen[1])*) und E. Goens berichten „über Elektrizitäts- und Wärmeleitung von ein- und

*) Die Zahlen bedeuten die Nummern des Literaturnachweises (vgl. S. 29), in dem Zeitschrift und Stelle der zitierten Abhandlungen zu finden sind.

vielkristallinen Metallen des regulären Systems.“ Ihre Untersuchungen erstrecken sich bis in das Gebiet der Temperaturen des verflüssigten Wasserstoffes und zeigen, daß sich der Widerstand gegen die Ausbreitung der Wärme in einen metallischen, dem elektrischer Widerstand proportionalen und einen nichtmetallischen Anteil zerlegen läßt. Für den metallischen Anteil ist bei allen regulären Metallen das Wiedemann-Franz-Lorenzsche Gesetz erfüllt. Es hat sich ein Ausdruck finden lassen, welcher dem Einfluß des nichtmetallischen Anteils, der eine Temperaturfunktion ist, Rechnung trägt, so daß sich das Verhältnis des elektrischen und des thermischen Gesamtwiderstandes für weite Temperaturgebiete gut darstellen läßt.

Eine größere Anzahl von Metallen ist von Oberregierungsrat Meißner[2]) zwischen 1° und 4° abs. Temperatur auf ihren elektrischen Widerstand und Auftreten der Supraleitfähigkeit neu geprüft worden, und zwar sowohl in der Form von Einkristallen und in der von polykristallinen Drähten. Supraleitfähigkeit hat aber nur an den Metallen festgestellt werden können, bei denen sie schon von Kamerlingh Onnes in Leyden aufgefunden war. Ihr Auftreten scheint an ganz bestimmte Stellen im periodischen System der Elemente geknüpft zu sein. Im gleichen Temperaturintervall wurde auch die elektromotorische Kraft von Thermoelementen aus supraleitenden Metallen und Legierungen studiert.

Weitere Untersuchungen über die physikalischen Konstanten der Metalle bei den Temperaturen des flüssigen Wasserstoffs sind noch im Gange; Dr. Ebert untersucht die Ausdehnungskoeffizienten; Dr. Goens die elektrischen Konstanten. Ergebnisse können aber noch nicht mitgeteilt werden.

Das gleiche ist der Fall bei den Untersuchungen über die optischen Verhältnisse der Metallegierungen, welche von Prof. Clemens Schäfer in Breslau in Angriff genommen sind.

In dem Kapitel der Untersuchungen über den metallischen Zustand lassen sich am besten auch die von Prof. Polanyi angeregten und von dem Forschungsstipendiaten Dr. Frommer im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie in Angriff genommenen Forschungsarbeiten über die Kinetik heterogener Reaktionen und die Einwirkung von Gasen auf Metalle bei sehr kleinen Konzentrationen des reagierenden Gases einordnen, denn es handelt sich auch hier ja letzten Endes um atom-

physikalische Untersuchungen. Es sind von ihm die Stoßausbeute, die elektrischen Begleiterscheinungen der Vorgänge wie Leitfähigkeit und freiwillige Ströme sowie die Leuchterscheinungen, welche bei der Reaktion zwischen Metallen und sehr verdünnten Halogengasen auftreten, studiert worden. Die Arbeiten sind noch nicht abschlossen; wegen äußerer Umstände hatten sie im Oktober unterbrochen werden müssen, sollten aber im Januar 1928 wieder aufgenommen werden.

Zu B. Über das Gefüge und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen.

An dieser Stelle ist zunächst des Todes eines unserer Mitarbeiter, des Professors der Eisenhüttenkunde an der Technischen Hochschule in Aachen P. Oberhoffers, zu gedenken. Dem um die Metallographie des Eisens und des Stahles hochverdienten Manne hatte die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft für die Durchführung seiner Ideen sehr reiche Mittel zur Verfügung gestellt, und sie bedauert es schmerzlich, daß es dem in höchster Schaffenskraft Stehenden nicht mehr vergönnt gewesen ist, das Ziel, welches er sich gesteckt hatte, zu erreichen.

Nur eine kleinere Abhandlung von H. Esser[3]) über die magnetischen Anomalien von reinem Eisen und von Eisen-Kohlenstofflegierungen in Abhängigkeit von der Temperatur hat in der Zeitschrift Stahl und Eisen veröffentlicht werden können. Fertiggestellt und zur Drucklegung vorbereitet ist eine weitere Arbeit des gleichen Verfassers, „über die Volumänderungen beim Übergang von dem festen in den flüssigen Zustand" und die eines zweiten Oberhofferschülers Dipl.-Ing. Kreutzer[3]): Röntgenographische Untersuchungen an den binären Systemen Eisen-Chrom, Eisen-Phosphor und Eisen-Silicium. Geplant waren im Anschluß an ältere Arbeiten Oberhoffers Bestimmungen der wahren spezifischen Wärme bei reinen Metallen und Legierungen sowie die Durchbildung eines Vakuumdilatometers für gewöhnliche und hohe Temperaturen.

Die eigensten Forschungen Oberhoffers waren die über die Beeinflussung der Eigenschaften von Eisen und Stahl durch den Sauerstoffgehalt. Er hatte gehofft, das Problem von der analytischen Seite her lösen zu können und seine Bemühungen haben in

erster Linie der Ausbildung der Sauerstoffbestimmungsmethoden gegolten. Diese Arbeiten sind naturgemäß durch den Tod unterbrochen worden.

Dem gleichen Problem wird auch im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf Aufmerksamkeit geschenkt, wo man die besonders günstigen Erhitzungsmöglichkeiten des Hochfrequenzofens für diese Aufgabe nutzbar machen will. Man hat sich dort die Weiterentwicklung der analytischen Verfahren und ihre Anpassung an die besonderen Anforderungen der Analyse der Metalle und Legierungen sehr angelegen sein lassen. Es zeigen das die Veröffentlichungen von

P. Bardenheuer[4]) und H. Ploum: Beitrag zur quantitativen Bestimmung des Siliziums im Eisen,

P. Bardenheuer[5]) und P. Dickens: Über die Bestimmung der Kieselsäure in Eisen und Stahl,

G. Thanheiser[6]) und P. Dickens: Über die Bestimmung des Kohlenstoffs in Eisen und Stahl nach dem Barytverfahren,

und die Mitteilung in dem Berichte des Herrn Professor Körber, daß in dem ihm unterstellten Institute Versuche über die Brauchbarkeit des elektrometrischen Titrationsverfahrens für die Stahlanalyse im Gange seien.

Sehr zahlreich sind metallographische Untersuchungen im engeren Sinne, Untersuchungen über die Umwandlungserscheinungen im festen Zustande und über die Zustandsdiagramme bisher noch nicht oder nur unvollständig untersuchter Zwei- oder Mehrmetalllegierungen. Hierher gehören auch die über die Vergütbarkeit, welche für die modernen Leichtmetallegierungen von so großer Bedeutung geworden ist.

Professor Körber läßt im K.W.I. für Eisenforschung Studien über die Polymorphie des Eisens (Forschungsstipendiat O. Müller) ausführen und die Zustandsdiagramme der Systeme Eisen-Molybdän, Eisen-Silber, Eisen-Gold und Eisen-Bor feststellen. Auch sind dort Versuche über die Aufnahmefähigkeit der Metalle für Gase im Gange.

Professor Vogel im Institut für physikalische Chemie der Universität Göttingen hat eine größere Zahl hierhergehöriger Unter-

suchungen in Angriff genommen und zwei besonders interessante und wichtige zum Abschluß gebracht. Begonnen sind Arbeiten über die Systeme Eisen-Mangan-Silizium, Eisen-Kohlenstoff-Vanadium, über den Einfluß kleiner Beimengungen auf das Gefüge des Kupfers, über die Bildung von Haarkupfer aus Kupferstein und über den Einfluß von Kohlenstoff auf die Struktur des Meteoreisens, weiter fortgeschritten schon die Untersuchung der Systeme Eisen-Nickel-Phosphor und Eisen-Nickel-Schwefel, abgeschlossen, so daß sie veröffentlicht werden können, solche für die technisch wichtigen Legierungssysteme Eisen-Phosphor und Eisen-Kohlenstoff-Phosphor. Als besonders willkommen wird von allen metallographisch interessierten Kreisen die Herausgabe von 12 Modellen zur Veranschaulichung des heterogenen Gleichgewichts in Dreistoffsystemen begrüßt werden. Im Drucke liegen zwei Abhandlungen des gleichen Verfassers vor, eine kleinere[7]), welche den Einfluß von Titan auf ternäre Eisen-Kohlenstoff-Nickelstähle behandelt und das wichtige und auch wirtschaftlich bedeutungsvolle Ergebnis hat, daß kleinere Zusätze des in Deutschland reichlich vorhandenen Titans im Stahl größere Mengen des wertvollen und aus dem Auslande einzuführenden Nickels bis zu einem gewissen Grade zu vertreten vermögen. Die zweite[8]) in den Abhandlungen der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen erschienene handelt: Über die Strukturformen des Meteoreisens und ihre spezielle Beeinflussung durch Umwandlung und beigemengten Phosphor. Sie zeigt, „daß die Mannigfaltigkeit in der Struktur des Meteoreisens im wesentlichen durch Umwandlung infolge Wiedererhitzung beim Durchfliegen der Erdatmosphäre und durch Beimengungen bedingt ist, und von diesen letzteren ist es vor allem der Phosphor, welcher in geringen Mengen von wenigen Zehntelprozenten die Struktur in überraschendem Maße beeinflußt und zu ihrer Differenzierung wesentlich beiträgt."

„Auf Grund der vorliegenden Ergebnisse", sagt Herr Vogel, „ist es möglich, in gewissen Fällen sich begründete Vorstellungen von der thermischen Vorgeschichte des Meteoreisens zu machen. Durch weitere Untersuchungen kann man hoffen, in dieser Richtung noch weiter vorzudringen und damit auch zur Klärung der Frage nach dem Ursprung der Meteoriten beizutragen."

Hier berühren sich Metallkunde, Geochemie und Kosmochemie,

und es vermag die Metallforschung bei der Erforschung kosmischen Geschehens helfend einzugreifen.

Kurz sei noch erwähnt, daß auch Herr Professor Körber, ähnlich wie es im Aachener Institut für Eisenhüttenkunde der Fall war, magnetische Untersuchungen über Eisen und Eisenlegierungen hat anstellen lassen, und zwar über sehr reine Eisensorten und über Eisen-Aluminiumlegierungen.

Man darf aber aus diesem Bericht nicht den Schluß ziehen, daß die Erforschung der Nichteisenmetalle durch die Notgemeinschaft vernachlässigt worden sei. Auch den Forschern, welche sich mit diesen Fragen beschäftigen, hat sie ihre fördernde Hilfe angedeihen lassen. Bei dem nächsten Kapitel werden wir feststellen können, daß sich das Interesse dieser Kreise vorzugsweise anderen Fragen zugewendet hat. Infolgedessen liegen Berichte über Strukturforschungen nur in beschränktem Maße vor. Herr Professor O. Bauer macht Mitteilung von Versuchen über den Veredelungsvorgang (ausgeführt in Gemeinschaft mit Dr. Hansen) und über Aluminium-Silberlegierungen und an solchen angestellte Veredelungsversuche, die im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung durchgeführt worden sind. Als Frucht früherer eingehender Studien haben O. Bauer und M. Hansen[9]) ein Werkchen über den Aufbau der Kupfer-Zinklegierungen herausgegeben, in der das gesammelte in der Weltliteratur über das Gefüge der Messinglegierungen vorliegende Beobachtungsmaterial kritisch gesichtet und die noch dunklen Punkte durch neue experimentelle Untersuchungen aufgeklärt worden sind. Die interessanten Kupfer-Berylliumlegierungen werden von Professor Röntgen in Aachen studiert.

Hierher gehören auch die mehr praktischen Zwecken dienenden Untersuchungen, welche von Dr. Leroux mit einem Forschungsstipendiaten in dem Forschungs-Institut und Probieramt für Edelmetalle in Schwäb.-Gmünd in Angriff genommen worden sind, und zwar über den inneren Aufbau platinhaltiger Güldischbarren, wie sie durch Zusammenschmelzen von Abfällen der Edelmetall- und Juwelenindustrie erhalten werden und über die Erstarrungserscheinungen von Silber-Kupfer-Legierungen.

Eine Frage von ganz außerordentlicher Bedeutung ist die der Widerstandsfähigkeit der Metalle gegenüber der Einwirkung der Atmosphäre und gegenüber chemischen Reagenzien. Herr O. Bauer

berichtet über noch unveröffentlichte Versuche, welche er in Gemeinschaft mit Dr.-Ing. Morell über die Korrosion von Aluminium und seinen Legierungen angestellt hat, und in Schwäb.-Gmünd sind von Herrn Dr. Leroux erfolgreiche Versuche über die Herstellung von Silberlegierungen, welche beim längeren Stehen nicht anlaufen, sondern weiß und blank bleiben, durchgeführt worden. Ein neuer Gedanke, die chemische Widerstandsfähigkeit der Metalle zu vergrößern, beruht auf der Beobachtung, daß die Auflösungsgeschwindigkeiten der Metallkristalle von der kristallographischen Orientierung der angegriffenen Flächen abhängig ist. Professor Glocker[10]), der Leiter des Röntgeninstituts der Technischen Hochschule in Stuttgart ist von der Überlegung ausgegangen, daß das Kaltwalzen eine kristallographische Orientierung der im ausgeglühten Metallstück willkürlich gelagerten Kristallite herbeiführt, und daß unter Umständen die beim Walzen sich einstellende Kristallitlage die widerstandsfähigsten Kristallflächen an die Oberfläche des Walzstückes bringen könne. Versuche über die Angreifbarkeit von geglühten und von kaltgewalzten sowie in bestimmter Weise nach dem Walzen erwärmten Blechstreifen haben gezeigt, daß in der Tat gut meßbare Unterschiede in der Korrodierbarkeit der verschieden behandelten Streifen bestehen. Da die Versuche noch nicht abgeschlossen sind, wollen wir sie hier nur kurz erwähnen. Sie bilden eine gute Überleitung zu dem nächsten Abschnitt, indem wir uns mit der Orientierung der Kristallkörner eines Metallstückes noch weiter zu beschäftigen haben werden.

Zu C. Über Plastizität und Formgebung.

Bereits im vorigen Berichte war uns die große Zahl der Untersuchungen über die Plastizität und die mechanische Technologie der Metalle aufgefallen. Die Vorliebe für die Beschäftigung mit diesen Fragen hat auch in dem Jahre 1927 angehalten. Die Fülle der Veröffentlichungen ist eine außerordentliche.

Arbeiten über die mechanischen Eigenschaften flüssiger Metalle liegen bis auf eine einzige nicht vor. Diese eine, von den Herren G. Tammann[11]) und J. Hinnüber, behandelt die „Innere Reibung des Quecksilbers".

Alle anderen beschäftigten sich mit dem festen Zustande, bei ihnen lassen sich zwei grundsätzlich voneinander verschiedene Pro-

blemgruppen unterscheiden. Die eine behandelt die mechanischen Probleme der Verteilung zwischen den elastisch und den bleibend veränderten Bezirken eines beanspruchten Metallstückes, die geometrische Verteilung der Spannungen, die Fließregeln und Fließgrenzen für die verschiedenen Arten der Beanspruchung, den für bestimmte Deformationen benötigten Kraftverbrauch und ähnliche Fragen, die zweite Gruppe dagegen die Veränderungen im Gefüge der beanspruchten Metallstücke, welche in der Veränderung der Korngröße, der Kornform und der kristallographischen Orientierung bestehen.

Zur erstern Gruppe gehören die von Herrn Professor v. Kármán im aerodynamischen Institute der Technischen Hochschule Aachen vorgesehenen Versuche zur experimentellen Prüfung seiner Theorie des Walzens, welche wegen einer Reise Herrn v. Kármans noch hatten zurückgestellt werden müssen. Es ist ihm nur möglich gewesen, die Festigkeitseigenschaften von Konstruktionen aus veredelten Leichtmetallen eingehender zu untersuchen. Diese Arbeiten gehören aber mehr in das Gebiet der Mechanik als in das der Metallforschung, so daß wir auf sie nicht näher einzugehen brauchen.

Umfangreiche Arbeiten sind unter Leitung von Herrn Professor Nádai im Institut für angewandte Mechanik an der Universität Göttingen durchgeführt; ihre Ergebnisse sind in den folgenden Veröffentlichungen niedergelegt:

A. Nádai[12]): Kinematik der plastischen Formänderungen.
A. Lode[13]): Versuche über das Fließen der Metalle.
W. Bader[14]) und A. Nádai: Die Vorgänge nach der Überschreitung der Fließgrenze in verdrehten Eisenstäben.
W. Bader[15]): Versuche über die Gleitflächenbildung in bleibend verdrillten Flußeisenstäben und über die in ihnen zurückgebliebenen Eigenspannungen.
A. Nádai[16]): Darstellung ebener Spannungszustände mit Hilfe von winkeltreuen Abbildungen.
A. Nádai[17]): Versuche über die Fließgrenze des Eisens.
M. Bergsträsser[18]): Bestimmung der beiden elastischen Konstanten von plattenförmigen Körpern.

Nicht vergessen darf bei dieser Aufzählung werden die soeben erschienene Monographie A. Nádais[19]): Der bildsame Zu-

stand der Werkstoffe, in welcher das Wesentliche zusammengefaßt wird, was an experimentellen und theoretischen Untersuchungen auf diesem Gebiete vorliegt.

Im Druck befindet sich außerdem ein Artikel „Plastizität" von dem gleichen Verfasser für den sechsten Band des Handbuches der Physik, in dem auch noch einige Gegenstände, welche in der Monographie nicht berührt worden sind, behandelt werden, z. B. die Plastizität der Metallkristalle.

Über in die erste Gruppe gehörige im K. W. J. für Eisenforschung in Düsseldorf noch im Gange befindliche Arbeiten berichtet Herr Professor Körber. Sie behandeln 1. die Theorie des plastischen Zustandes der Metalle, 2. den Kraftbedarf beim Ziehen und Kaltwalzen und 3. die mechanischen Eigenschaften stark gewalzter Metallfolien. Nach dem Berichte von Herrn Professor Piwowarsky beschäftigt man sich auch im Aachener Eisenhüttenmännischen Institute mit hierher gehörigen Fragen, und zwar 1. mit Untersuchungen der Viskosität im festen Zustand bei Metallen und Legierungen und 2. solchen über die Dehnung bei Metallen und Legierungen in Abhängigkeit von Zeit und Temperatur unter konstanter Belastung.

Die zweite Gruppe der Plastizitätsprobleme steht augenblicklich im Brennpunkt des Interesses; aus keinem anderen Gebiete liegen so zahlreiche Veröffentlichungen vor wie aus dem, welches die Beziehungen der mechanischen Beanspruchung durch Ziehen, Stauchen und Walzen zu der Größe und Orientierung der Kristalliten und die Umlagerungen beim Ausglühen, die sogenannten Rekristallisationserscheinungen, zum Gegenstand hat. Auch die Verfestigung und das Hartwerden von Blechen und Drähten beim Walzen und Ziehen haben ihre Ursache in einer bestimmten Einstellung der Kristallite. Es handelt sich also um Erscheinungen, schon seit langer Zeit denen bekannt, welche sich der Metalle als Werkstoffe bedienen; nun finden sie ihre wissenschaftliche Erklärung.

Am längsten wohl von den Physikochemikern hat sich Herr Geheimrat Tammann mit den hier vorliegenden Problemen beschäftigt. Auch in dem Berichtsjahre hat er die Änderung der Kristallitenorientierung zum Gegenstand der Untersuchungen gemacht und dafür ein einfaches Verfahren benutzt, welches bei hinreichender Korngröße der Kristalliten sofort anzugeben gestattet, ob eine

Oktaeder-, eine Würfel- oder Granatoederfläche in der Oberfläche liegt. Die Methode des maximalen Schimmers benutzt die Zahl der Helligkeitsmaxima, welche sich beim Drehen der leicht angeätzten Kristallite um 360° dem Beobachter zeigen. Die Methode ist vor etwa zwei Jahren bekanntgegeben worden. Die im Jahre 1927 erschienenen Veröffentlichungen sind die folgenden:

1. G. Tammann[20]) und H. H. Meyer: Zur Bestimmung der Kristallitenorientierung durch Erzeugung von Gleitlinien.
2. G. Tammann[21]) und A. Heinzel: Über die Änderung der Kristallitenorientierung beim Walzen des Eisens.
3. G. Tammann[22]) und A. Heinzel: Über die Kristallitenorientierung im Aluminium.
4. G. Tammann[23]) und H. H. Meyer: Über die Kristallitenorientierung in Abhängigkeit vom Walzgrade bei Kupfer.

Da es im vergangenen Jahre unterlassen worden ist, werden die hierhergehörigen Göttinger Arbeiten aus den Jahren 1925 und 1926 nachgetragen. Es sind dies aus 1925:

5. G. Tammann[24]): Eine Methode zur Bestimmung der Kristallitenorientierung in Konglomeraten.
6. G. Tammann[25]): Die Auflösungsgeschwindigkeit und die Ätzfiguren von Kristallen.
7. G. Tammann[26]) und W. Krings: Über die Lage der Ätzfiguren und die Verteilung der Atome im Raumgitter.

Aus dem Jahre 1926 stammen die Arbeiten:

8. W. Riedelsberger[27]): Über Klangfiguren auf Walzblechen.
9. G. Tammann[28]) und H. H. Meyer: Die Änderung der Kristallitenorientierung bei der Rekristallisation von Kupfer.

Das Tammannsche Verfahren führt zu den gleichen Ergebnissen wie das heute vorzugsweise verwendete Untersuchungsver-

fahren über Kristallitenorientierung mit Hilfe von Röntgenstrahlen. Die Methode des maximalen Schimmers ist geknüpft an das Vorhandensein einer bestimmten Korngröße; das röntgenographische ist bei mikroskopisch kleinem Korn verwendbar und gestattet auch Änderungen der Korngröße festzustellen.

Die Ausbildung der röntgenographischen Methoden zur Untersuchung der Metalle ist eine sehr wichtige Angelegenheit, welche die Notgemeinschaft dazu veranlaßt hat, dem Leiter des Röntgeninstituts der Technischen Hochschule in Stuttgart Herrn Professor Glocker Mittel zur Durchführung seiner röntgenographischen Forschungsarbeiten und auch Forschungsstipendiaten zur Verfügung zu stellen. Unter seiner Leitung sind die folgenden Arbeiten entstanden:

R. Glocker[29]): Über das Grundgesetz der physikalischen Wirkungen von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge.

R. Glocker[30]): Über den Energieumsatz bei einigen Wirkungen von Röntgenstrahlen.

U. Dehlinger[31]): Über die Verbreiterung der Debyelinien bei kaltbearbeiteten Metallen.

R. Glocker und H. Widmann[32]): Untersuchungen über die Rekristallisation bei Silber und Kupfer.

H. Dehlinger[33]): Kristallstruktur der Antimonoxyde.

U. Dehlinger und R. Glocker[34]): Über den atomaren Aufbau der Antimonoxyde.

Mit rein metallkundlichen Zielen sind die Untersuchungen unternommen worden, welche mit Hilfe der Röntgeneinrichtungen der Kaiser-Wilhelm-Institute für Eisenforschung und für Metallforschung in Düsseldorf und Lichterfelde unter der Leitung der Herren Dr. Wever und Dr.-Ing. Sachs durchgeführt worden sind. Aus den Titeln der Veröffentlichungen läßt sich die Arbeitsrichtung erkennen.

Fr. Wever[35]) und Winfried Schmidt: Beiträge zur Kenntnis der Struktur kaltgewalzter Metalle.

Fr. Wever[36]) und Winfried Schmidt: Walzstruktur kubisch-flächenzentrierter Metalle.

Fr. Wever[37]): Stauchstrukturen kubisch kristallisierter Metalle.

v. Göler und G. Sachs[38]): Das Verhalten von Aluminiumkristallen bei Zugversuchen, I. Geometrische Grundlagen.
R. Karnop und G. Sachs[39]): Dasselbe II. Experimenteller Teil.
G. Sachs[40]) und H. Shoji: Zug-Druckversuche an Messingkristallen (Bauschingereffekt).
R. Karnop und G. Sachs[41]): Versuche über die Rekristallisation von Metallen.
v. Göler und G. Sachs[42]): Walz- und Rekristallisationsstruktur regulär flächenzentrierter Metalle I und II.
G. Sachs[43]): Herstellung von Legierungs-Einzelkristallen.
G. Sachs[44]): Die technologischen Eigenschaften von Aluminiumkristallen.
v. Göler[45]) und G. Sachs: Innere Spannungen im Röntgenbild.
v. Göler[46]) und G. Sachs: Gefüge und Festigkeitseigenschaften von sehr reinem Aluminium.
v. Göler[47]) und G. Sachs: Zur Entstehung des Gußgefüges.
G. Sachs[48]): Beitrag zum Härteproblem.
G. Sachs[49]): Nachweis innerer Spannungen in Stangen und Röhren.
G. Sachs[50]): Innere Spannungen in Metallen.
G. Sachs[51]) und E. Schiebold: Wechselseitige Druckversuche an Aluminium.
E. Schiebold[52]): Über Spannungen und Deformationen bei Zugversuchen mit Metallen.
E. Seidl[53]) und E. Schiebold: Das Verhalten inhomogener Aluminium-Gußblöckchen beim Kaltwalzen; makroskopische Verfolgung der Entstehung der Walzstruktur.
Verhalten von Industriekupfer bei der Beanspruchung, erläutert bei Kaltbehandlung.
E. Seidl[54]): Influence of Chemical and Chrystallographic Properties of Casting Metal on Behavior during rolling.

Zuletzt wollen wir noch einer kleinen Untersuchung Erwähnung tun, welche mit der von der Notgemeinschaft zur Verfügung gestellten Röntgeneinrichtung des Chemischen Instituts der Universität Münster durchgeführt worden ist und ein eigenartiges Problem, die Bildung und die Struktur von künstlichem und natürlichem Haarsilber und Haarkupfer behandelt hat. Die von R. Schenck angeregte Arbeit haben die Herren Dr. R. Fricke und G. Brinkmann ausgeführt. Sie ist abgeschlossen, und es wird in Bälde darüber berichtet werden.

Zu D: Über chemische Metallurgie.

Der vor drei Jahren für die Metallforschungsarbeiten aufgestellte Arbeitsplan rechnet zu dem Gebiete der chemischen Metallurgie alles, was zu der Überführung der Erzverbindungen in die Metalle in irgendwelcher Beziehung steht. Er fügt hier ein die Konzentrierung der Erze, die elektro-chemischen und hüttenmännischen Verfahren der Erzvorbereitung und Metallgewinnung, die physikalische Chemie der metallurgischen Vorgänge und alle Hilfsuntersuchungen, sei es, daß sie die thermischen Größen kennen lehren, welche für den Ablauf der Reaktionen maßgebend sind, sei es, daß sie mit dem Wärmeübertragungsmechanismus der hüttenmännischen Apparaturen bekannt machen.

Von den Erzproblemen ist das für Deutschland so wichtige des Kupferschiefers unter Leitung von Herrn Prof. Dr. Schneiderhöhn von dem Forschungsstipendiaten Dr. Klemm in Freiburg i. B. studiert worden. Er hat die Verteilung von Kupfer und Silber in den einzelnen Schichten des Kupferschiefers untersucht und die Angreifbarkeit des Buntkupfererzes, welches einen der petrographischen Bestandteile des Mansfelder Erzes darstellt, durch Wasser und schwache Säuren festgestellt. Er gibt ferner an, daß ihm die Ausarbeitung eines Verfahrens, die wertvollen Metalle anzureichern, gelungen sei. Weitere Nachrichten hierüber sind noch abzuwarten.

Auch hat er die Frage nach der Bildung der Erze des Kupferschiefers experimentell zu beantworten versucht, indem er Schwefelwasserstoff gegen gelöste Kupfersalze diffundieren ließ. Die Ergebnisse führen ihn zu der Anschauung, daß die Erze nur in äußerst verdünnten Lösungen entstanden sein können.

Auch Herr Bergrat Seidl in Keltsch (Oberschlesien) gibt an, ein

neues metallurgisches Prinzip gefunden zu haben, welches Bleierze und zinkische Rohstoffe in bequemer Weise zu verhütten gestattet. Einschlägige Versuche sind ursprünglich in dem chemischen Laboratorium der Bergbauabteilung der Technischen Hochschule Charlottenburg von den Herren Dipl.-Ing. Schuchardt und Dr. Rudolph angestellt worden, jetzt sind die Arbeiten an die Technische Hochschule Stuttgart verlegt und werden von den Herren Bergrat Lichtenberger und Dr. Neth fortgeführt.

Mehrfach hat man sich mit der elektrolytischen Abscheidung von Metallen aus ihren Salzlösungen beschäftigt. Gedruckt liegt vor eine Abhandlung von

F. Foerster[55]) und Fr. Krüger: Versuche über Änderung der Wasserstoff-Ionenkonzentration bei der Elektrolyse chloridhaltiger Nickellösungen und über die damit zusammenhängenden Passivitätserscheinungen des Nickels.

Außer in dem Chemischen Institut der Technischen Hochschule Dresden befaßt man sich im Institut für Metallhüttenwesen und Elektrometallurgie in Aachen mit elektrometallurgischen Fragen. Herr Professor Dr. Röntgen berichtet über demnächst zu publizierende Versuche über die technisch wichtige Zinkelektrolyse aus Zinksulfatbädern. In dem Edelmetallforschungsinstitut in Schwäbisch-Gmünd will Herr Dr. Leroux, unterstützt durch den Forschungsstipendiaten Herrn Dr. Luz eine Arbeit über die Abscheidung des Silbers aus zyankalischen Lösungen, über das Altern solcher Bäder und über die Wirkung von Zusätzen verschiedener Art in Angriff nehmen.

Weiter macht Herr Professor Foerster-Dresden Mitteilung von Untersuchungen über die Struktur der elektrolytischen Metallniederschläge von Zinn, Thallium und Kadmium.

An dieser Stelle ist auch der Bericht des Herrn Dr. Fischbeck in Tübingen einzureihen, welcher zusammen mit E. Einecke eine Arbeit: Elektrochemische Reduktion fester Elektroden II.[56]) veröffentlicht hat, in der er das Verhalten von Chromiten bei der Reduktion an der Kathode behandelt.

Von metallurgischen Untersuchungen bei hohen Temperaturen, deren Ergebnisse bereits gedruckt vorliegen, berichtet Herr Professor Körber. Es sind dies die Arbeiten von

Fr. Weber[57]): Zur Metallurgie des Hochfrequenz-Induktionsofens

und von

H. H. Meyer[58]): Über die Reduktion von Manganoxydul, Siliziumdioxyd und Phosphorsäure im Hochofen.

Professor Röntgen-Aachen hat Untersuchungen über die Chlorierungsbedingungen der einzelnen Metalle und Metallverbindungen, über die chlorierende Röstung und über die Reaktionsgeschwindigkeit eingeleitet. Die Versuche werden fortgesetzt.

Die physiko-chemische Behandlung der metallurgischen Probleme kann sich nach zwei verschiedenen Richtungen erstrecken. Maßgebend für den Verlauf der chemischen Vorgänge bei hohen Temperaturen, welche sich unter der Mitwirkung der Gasphase abzuspielen pflegen, sind einerseits die Reaktionsgeschwindigkeit und andererseits die bei umkehrbaren Vorgängen die Umsetzungen begrenzenden Gleichgewichtslagen.

Dem Berichte Professor Körbers ist zu entnehmen, daß Versuche über die Reaktionsgeschwindigkeiten bei der Reduktion von Eisenoxyden durch reduzierende Gase auf dem Programm des K.-W.-J. für Eisenforschung stehen und sich ihrem Abschlusse nähern.

Im vergangenen Jahre ist es möglich gewesen, die im Chemischen Institut der Universität Münster seit mehreren Jahren im Gange befindlichen umfangreichen Gleichgewichtsuntersuchungen an den Oxydations-, Reduktions- und Zementationsvorgängen beim Eisen bis zu einem bestimmten Abschnitt zu führen und die Arbeitsergebnisse zu veröffentlichen. Sie sind in 6 Abhandlungen niedergelegt und zwar in:

R. Schenck mit vielen Mitarbeitern, insbesondere Th. Dingmann, Gleichgewichtsuntersuchungen über die Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsvorgänge beim Eisen. I bis V.

I.[59]) Einleitung und „Über die Spaltung des Methans in Gegenwart von Eisen und die Zementierungsgleichgewichte" (Mitarbeiter: Franz Krägeloh, Franz Eisenstecken und Heinrich Klas).

II.[60]) Die Methan-Wasserstoffgleichgewichte über Kobalt (Mitarbeiter: Franz Krägeloh und Franz Eisenstecken).

III.[61]) Systematische Untersuchungen über die Reduktions- und Oxydationsbeziehungen zwischen den Eisenoxyden, Eisen, Kohlenmonoxyd und Kohlendioxyd (Mitarbeiter: J. Bökmann, W. Ebert, W. Kesting, G. Lepetit, Joh. Müller, W. Pratje).

IV.[62]) Eisenkarbid, Eisenoxyde und Metall unter einer Kohlenmonoxyd-Kohlendioxyd-Atmosphäre (Mitarbeiter in Breslau: A. Dahm, F. Farr, G. Finck, W. Hempelmann, R. Juschkewitsch, H. Nippert, F. Traumann. Mitarbeiter in Münster: J. Bökmann, Th. Dingmann, R. Fricke, W. Kesting, W. Pratje, A. Savelsberg).

V.[63]) Das Gesamtsystem Eisen—Kohlenstoff—Sauerstoff.

VI.[64]) R. Schenck und R. Stenkhoff: Über die Säurezerlegung des Eisenkarbids. Aus dem Jahre 1926 stammt eine Zusammenfassung der Schenckschen Arbeiten über wichtige Bleireaktionen: Theoretische und experimentelle Studien über die Röstgleichgewichte beim Blei[65]).

Es würde zu weit führen, auf ihren Inhalt näher einzugehen, um so mehr, als über ihn an einer anderen Stelle auszugsweise berichtet werden soll. Nur so viel sei gesagt, daß die Untersuchungen über diese Systeme noch nicht abgeschlossen sind; bei der bisherigen Durcharbeitung des großen Gebietes haben sich so viele Fragen und Anregungen zu neuen Untersuchungen ergeben, daß man noch jahrelang zu tun haben wird, um das gesteckte Ziel zu erreichen. Insbesondere sind es die Einflüsse der „Zuschläge" auf die Gleichgewichtslagen, welche zunächst zu untersuchen sein werden.

Abgeschlossen und vor der Veröffentlichung stehend sind die Arbeiten von R. Schenck und H. Klas: Über die Zementierung des Kobalts durch Methan-Wasserstoffgemische bei höheren Temperaturen und eine zweite von R. Schenck und Ernst Raub: Über die Gleichgewichte bei den Systemen Kobalt—Schwefel—Sauerstoff und Nickel—Schwefel—Sauerstoff. Weitere über ähnliche Systeme werden im Laufe dieses Jahres zum Abschluß gelangen.

In der Chemie und in der Metallurgie macht sich in steigendem Maße das Bedürfnis nach genauen thermochemischen Daten geltend, deshalb haben wir von vornherein den Weiterausbau der thermochemischen Meßmöglichkeiten in unser Arbeitsprogramm eingestellt und Mittel für diesen Zweck auszuwerfen vorgeschlagen. Herr Professor Körber hat sich dieser Angelegenheit in dem ihm unterstellten Institute angenommen, und es sollen dort Messungen der spezifischen Wärmen von Silizium, Schlacken, feuerfesten Stoffen und Ofenbaustoffen ausgeführt werden.

Für die Bestimmung der Reaktionswärmen der metallurgisch wichtigen Reaktionen hat es sich als notwendig erwiesen, kalorimetrische Meßinstrumente neu zu schaffen und Methoden auszubilden, welche ein Kalorimetrieren bei um 50° oder 100° erhöhten Temperaturen gestatten. Bei gewöhnlicher Temperatur ist die Umsetzungsgeschwindigkeit nicht genügend groß. Diese wichtige Aufgabe hat Herr Professor Roth mit Erfolg gelöst und in Gemeinschaft mit Herrn Dr. Chall eine Reihe von Verbindungswärmen bestimmt, z. B. die der Silikatbildung aus Kalk und Siliziumoxyd, der Karbonatbildung aus Metalloxyd und Kohlendioxyd und so fort. Auch die Verbrennungswärmen der verschiedenen Kohlenstofformen, z. B. die der Temperkohle, hat er in Gemeinschaft mit Herrn O. Daepke gemessen und sie niedriger als die der anderen Formen gefunden. Im Gange sind direkte kalorimetrische Untersuchungen über die Bildungswärme des Eisenkarbids und so fort.

Des weiteren sind im Rothschen Laboratorium in Braunschweig Messungen von spezifischen Wärmen metallurgisch wichtiger Stoffe ausgeführt, z. B. solche von Quarz und amorphem Siliziumdioxyd, von Kalk und Kalziumsilikat. Über die Ergebnisse wird in nächster Zeit berichtet werden.

Die Bestimmung der spezifischen Wärme der Gase bei hohen Temperaturen hat Professor Eucken in Breslau übernommen.

Es unterliegt keinem Zweifel, daß die Fortführung dieser Arbeiten die allerwichtigsten Resultate liefern wird. Weiterer Ausbau der Einrichtungen ist auf das dringendste zu wünschen.

Die Frage der Energieübertragung durch Strahlung in metallurgischen Öfen ist von zwei Forschungsstipendiaten, den Herren Dr. Naeser und Dr. Wrede, im K.-W.-Institut für Eisenforschung eingehend studiert; es ist eine ausgedehnt spektralpyro-

metrische Untersuchung der Strahlung des Siemens-Martinofens und die Bestimmung des Emissionsvermögens von Eisenoxyd, Schlacke und feuerfesten Steinen mit Hilfe der von der Notgemeinschaft beschafften Strahlungsapparatur abgeschlossen. Die Durchmessung der spektralen Strahlung feuerbeständigen Materials, über welche bisher kaum etwas bekannt ist, soll folgen.

Mit der Wärmeübertragung und Wärmeströmung in metallurgischen Apparaten befassen sich auch die von der Notgemeinschaft geförderten Untersuchungen Herrn Dr. Rummels von der Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute. Da die Vorversuche an der Versuchskammer die Notwendigkeit eines anderen Einbaues der Thermoelemente, welche durch besondere Einbettungen vor Veränderungen und Zerstörungen geschützt werden müssen, ergaben, waren langwierige Versuche über das beste Thermoelementenmaterial und ein Umbau der Kammer erforderlich. Daher konnten die jetzt anscheinend störungsfrei verlaufenden Arbeiten erst Ende November wieder aufgenommen werden.

Von den theoretischen Überlegungen, welche für die Verwertung der Beobachtungen erforderlich waren, gibt die Abhandlung des Herrn Dr.-Ing. A. Schack[66]): Über die Berechnung zeitlich veränderlicher Wärmeströmungen eine Vorstellung.

Zu E: Über feuerfeste Materialien.

Die Fortschritte der Metallurgie und die der wissenschaftlichen Untersuchungen bei hohen Temperaturen überhaupt hängen wesentlich von dem Vorhandensein von Gerätematerialien ab, welche genügend feuerbeständig sein müssen und mit dem Einsatz keine chemische Reaktion eingehen dürfen. Diese Bedingungen sind nicht leicht zu erfüllen, und aus diesem Grunde hat die Notgemeinschaft sich auch dieser Probleme helfend angenommen.

Die Arbeiten berühren sich hier mit denen der Silikatforschung; es ist aber dafür gesorgt worden, daß die Forscher auf den verschiedenen Gebieten, welche sich mit den Fragen der feuerfesten Materialien befassen, miteinander Fühlung nehmen.

Drei verschiedenen Stellen sind seitens der Notgemeinschaft Zuwendungen für Forschungen in der angegebenen Richtung zuteil geworden. Im Eisenhüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule Aachen hat Herr Dipl.-Ing. Meyer als Forschungs-

stipendiat Gefäße aus schwerschmelzenden Metallkarbiden hergestellt und mit seinen Arbeiten Erfolge erzielt.

Ferner sind von dem Forschungsstipendiaten Herrn Duckwitz unter Leitung von Geheimrat Schiffner im Metallhütteninstitut der Bergakademie Freiberg i. S. Versuche zur Erzeugung thermisch und chemisch widerstandsfähiger Tiegelmaterialien durchgeführt worden, und zwar durch Tränken von Kohletiegeln mit den verschiedensten Lösungen und Brennen der so vorbehandelten Tiegel in einem Helbergerofen. Am besten hat sich das von K. M. Hoffmann vorgeschlagene Verfahren, Tränken und Silizieren mit kolloidaler Kieselsäure erwiesen bei gleichzeitigem Bestreichen der Außenwände mit Thermonit, einem im wesentlichen aus Aluminiumsilikat mit überschüssigem Aluminiumoxyd bestehenden Material, welches vor Abbrand und Wärmeverlusten schützt. In so vorbereiteten Kohletiegeln gelang das Schmelzen von Aluminiumoxyd, alle Versuche jedoch, aus flüssigem Aluminiumoxyd durch ein Gießereiverfahren Tiegel herzustellen, sind fehlgeschlagen.

Der Helbergerofen ist dann auch noch auf seine Eignung zum Schmelzen von Quarz und Chromeisenstein, welch letzterer Veränderungen im Kohletiegel erleidet, sowie zum Schmelzen von Flußspat im Kohle- und Zirkontiegel geprüft worden. Nebenher liefen Versuche zur Erzielung richtiger Temperaturbestimmungen und zur Einstellung bestimmter Temperaturen durch die Wahl der Abmessungen der Kohletiegel.

Bedeutungsvoll wäre auch die Beschaffung nicht metallischen aber elektrisch leitenden Gefäßmaterials für die Hochfrequenzöfen. Auch hier sind die in Frage kommenden Stoffe durchgeprüft worden; die Schwierigkeiten lagen vor allem in der Herstellung geeigneter Preßkörper. Die Versuche werden noch fortgesetzt.

In etwas anderer Richtung bewegen sich die im hüttenmännischen Institut der Technischen Hochschule Aachen von Dr.-Ing. Salmang eingeleiteten Arbeiten. Er hat versucht, unbildsame Oxyde dadurch zu keramischen Massen zu verformen, daß man sie, sei es Magnesium-Aluminium- oder Zirkonoxyd mit der wässerigen Lösung eines ihrer Salze anrührt. Dadurch erhält man in Gipsformen vergießbare Massen, in deren lufttrockenen Scherben das auskristallisierte Salz die Oxydkörner verkittet. Bei Verwendung von sehr hoch vorgebranntem Ausgangsmaterial ist

die Schwindung klein. Der Deutschen Gasglühlicht-Auer-Gesellschaft in Berlin ist es gelungen, nach ähnlichen Verfahren Zirkonoxyd- und Spinellgeräte herzustellen. Die planmäßige Erforschung der keramischen Materialien ist im wesentlichen eine Frage der Beheizung.

Herr Salmang ist bemüht gewesen, die chemischen und physikalischen Eigenschaften der durch Zusatz von Tonerde angereicherten und veredelten Massen unter Verwendung eines neuen Brennverfahrens unter Druck, welches praktisch porenfreie Steine liefert, festzustellen. Die Bestwerte der Eigenschaften fand er bei der reinen Tonerde und dem sogenannten Mullit, einem Aluminiumsilikat mit 30% Kieselsäure.

Wichtig ist die nähere Kenntnis der Verschlackung und Angreifbarkeit der Chamotte durch die bei den Hüttenprozessen auftretenden oder absichtlich zugegebenen Schlacken. Darüber unterrichtet eine Abhandlung:

H. Salmang[67]: Untersuchungen über die Verschlakkung feuerfester Stoffe.

Eine zweite mehr theoretische ist durch die Erfahrungen und Schwierigkeiten bei der Bearbeitung der keramischen Massen veranlaßt:

H. Salmang[68]: Die Ursachen der Bildsamkeit der Tone.

Noch nicht veröffentlicht sind die Ergebnisse der Experimentaluntersuchungen über den Gasgehalt von Gläsern. Letzterer ist nicht hervorgerufen durch ein Lösungsvermögen der Glasgefäße für Gase. Sie sind vielmehr chemisch gebunden, ihre Abgabe geht mit chemischen Reaktionen Hand in Hand. Auffallend ist die Tatsache, daß neben den Gasen nicht unbeträchtliche Mengen von Wasserdampf abgegeben werden. Herr Salmang bezeichnet es als wahrscheinlich, daß Unterschiede in dem Wassergehalt vorhandene Unterschiede in den Eigenschaften von Gläsern sonst gleicher Zusammensetzung und Vorgeschichte bedingen können.

Literaturnachweis

[1]) Zeitschrift für Physik 44, 615—642 (1927).
[2]) Physikalische Zeitschrift 27, 725—730 (1926).
[3]) Stahl und Eisen 47, 337—344.
[3a]) Zeitschrift für Physik 48, 556—566 (1928).
[4]) Mitteilungen des Kaiser Wilhelm-Instituts für Eisenforschung, Düsseldorf, Band 9, 207—209 (1927).
[5]) Mitteilungen des Kaiser Wilhelm-Instituts für Eisenforschung, Düsseldorf, Band 9, 195—206 (1927).
[6]) Mitteilungen des Kaiser Wilhelm-Instituts für Eisenforschung, Düsseldorf, Band 9, 239—245 (1927).
[7]) Verlag Stahleisen 1927 (45). Bericht der Fachausschüsse des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Werkstoffausschuß, Bericht Nr. 106.
[8]) Rudolf Vogel: Über die Strukturformen des Meteoreisens und ihre spezielle Beeinflussung durch Umwandlung und beigemengten Phosphor Abhandlung der Gesellschaft der Wissenschaften zu Göttingen. Mathematisch-physikalische Klasse. Neue Folge, Band XII, 2, 1—51. Berlin, Wiedemannsche Buchhandlung, 1927.
[9]) Der Aufbau der Kupfer-Zink-Legierungen, Berlin, Julius Springer, 1927.
[10]) Zeitschrift für Metallkunde 20, 244 (1928).
[11]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie, Band 167, 230—236 (1927).
[12]) Berichte der Fachausschüsse des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Werkstoffausschuß, Bericht Nr. 56 (1925).
[13]) Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mechanik der Universität Göttingen (1927).
[14]) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure I 1927, Nr. 10, 317—323.
[15]) Mitteilungen aus dem Institut für angewandte Mechanik der Universität Göttingen (1927).
[16]) Zeitschrift für Physik 41, 48—50 (1927).
[17]) Verhandlungen des 2. internationalen Kongresses für technische Mechanik, Zürich 1626, S. 1—6; Orell Füßli Verlag, 1927.
[18]) Zeitschrift für technische Physik, 8. Jahrgang Nr. 9, 355—359 (1927).
[19]) A. Nádai: Der bildsame Zustand der Werkstoffe, Berlin, Julius Springer, 1927.
[20]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 160, 347—354 (1927).
[21]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 167, 173—182 (1927).
[22]) Zeitschrift für Metallkunde 19, 338—341 (1927).
[23]) Zeitschrift für Metallkunde 19, 82—84 (1927).
[24]) Zeitschrift für Metallkunde 18, 69—74 (1926).
[25]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 146, 413—419 (1925).
[26]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 146, 420—432 (1925).
[27]) Zeitschrift für Metallkunde 18, 105—111 (1926).

[28]) Zeitschrift für Metallkunde 18, 176—181 (1926).
[29]) Zeitschrift für Physik 43, 827—838 (1927).
[30]) Zeitschrift für Physik 40, 479—491 (1926).
[31]) Zeitschrift krystallographischer Mineralien 65, 615—631 (1927).
[32]) Zeitschrift für Metallkunde 19, 41—43 (1927).
[33]) Zeitschrift krystallographischer Mineralien 66, 108—119 (1927).
[34]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 165, 41—45 (1927).
[35]) Mitteilungen aus dem Kaiser Wilhelm-Institut für Eisenforschung 9, 265 (1927).
[36]) Zeitschrift für technische Physik 8, 398—400 (1927).
[37]) Zeitschrift für technische Physik 8, 404—407 (1927).
[38]) Zeitschrift für Physik 41, 103—115 (1927).
[39]) Zeitschrift für Physik 41, 116—139 (1927).
[40]) Zeitschrift für Physik 45, 776—779 (1927).
[41]) Zeitschrift für Physik 42, 283—301 (1927).
[42]) Zeitschrift für Physik 41, 873—888 und 889—906 (1927).
[43]) Mitteilungen des Materialprüfungsamtes (N. F.) 5, 105—106 (1927).
[44]) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 71, 577 (1927).
[45]) Zeitschrift für Metallkunde 19, 410—411 (1927).
[46]) Zeitschrift für Metallkunde 19, 90—93 (1927).
[47]) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 71, 1353—1357 (1927).
[48]) Zeitschrift für technische Physik 8, 132 (1927) und Naturwissenschaften 14, 1219—1223 (1927).
[49]) Zeitschrift für Metallkunde 19, 352—357 (1927).
[50]) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 71, 1511—1516 (1927).
[51]) Zeitschrift des Vereins Deutscher Ingenieure 69, 1547—1561 (1925).
[52]) Mitteilungen des Materialprüfungsamtes, Sonderheft, im Erscheinen.
[53]) Zeitschrift für Metallkunde 17, 225 ff. (1925).
[54]) Mining and Metallurgy 8, 454—460 (1927).
[55]) Zeitschrift für Elektrochemie 33, 406—423 (1927).
[56]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 167, 21—39 (1927).
[57]) Mitteilungen des Kaiser Wilhelm-Instituts für Eisenforschung, Düsseldorf, Band 8, 171—179 (1927); Stahl und Eisen 46, 533.
[58]) Mitteilungen des Kaiser Wilhelm-Instituts für Eisenforschung, Düsseldorf, Band 9, 273—277 (1927).
[59]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 164, 145—185 (1927).
[60]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 164, 313—325 (1927).
[61]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 166, 113—154 (1927).
[62]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 167, 254—314 (1927).
[63]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 167, 315—328 (1927).
[64]) Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 161, 287—303 (1926).
[65]) Metall und Erz 1926, Heft 15, 1—12.
[66]) Mitteilung Nr. 105 der Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute, Düsseldorf.
[67]) Stahl und Eisen 47, 1816—1820 (1927).
[68]) Sprechsaal 61, 115—116 (1927).
Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie 162, 115—126 (1927).

Bericht über die während des Jahres 1928 durchgeführten, von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung

Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. R. Schenck, Münster i. W.

Bereits im vergangenen Jahre konnte der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ein größerer Bericht[1]) vorgelegt werden, welcher ein Bild von dem Stande der Metallforschung in Deutschland, die durch ihre Einfügung in die Gemeinschaftsarbeiten der Notgemeinschaft zweifellos einen starken Impuls erfahren hat, gibt. Die erfreuliche Entwicklung ist im Jahre 1928 weitergegangen, es hat sich sowohl die Zahl der Forscher, welche ihre Bereitschaft zur Mitwirkung an dem Werke erklärt haben, als auch die Zahl der Veröffentlichungen in wissenschaftlichen Zeitschriften, in denen die Arbeitsergebnisse niedergelegt sind, beträchtlich vergrößert. An Tätigkeitsberichten selbständiger Forscher wurden uns am Schluß des Jahres 1928 36, an gedruckten wissenschaftlichen Untersuchungen auf dem Metallforschungsgebiete nicht weniger als 124 vorgelegt. Aufstellungen der Mitarbeiter und der Veröffentlichungen finden sich am Schlusse des Berichtes. Besonders erwähnt werden muß, daß auch einige neue Gebiete, welche in den ursprünglichen Arbeitsplan nicht aufgenommen waren, sich ganz von selbst erschlossen haben als Frucht der Ergebnisse systematischer Arbeit an den Problemen, welche die Metalle bieten.

Man wird geneigt sein, die Metallforschung, welche sich chemischer und physikalischer Methoden bedienen muß, als ein vom allgemeinen Stande der wissenschaftlichen Erkenntnis abhängiges Sondergebiet zu betrachten; die Stellung der Metalle in der Welt der Stoffe und die vielen Fragen, welche ihre einzig dastehenden Eigenschaften wecken, bedingen jedoch, daß die fortschreitende Einsicht in das Wesen der Metalle auch der Wissenschaft im allgemeinen neue Anregungen bietet. Die Metallforschung läßt uns den Schlüssel finden zu mancher wichtigen theoretischen Frage. Das Sondergebiet steht in auffallender

Wechselwirkung mit Physik, Chemie und Technik, wodurch die Beschäftigung mit ihm besonderen Wert und besonderen Reiz erhält.

Es ist der Zweck dieser Berichte, nicht nur Rechenschaft über das Geleistete zu geben, sondern auch hinzuweisen auf vorhandene Lücken, welche ausgefüllt, auf sich herausbildende Ansätze zu neuen Möglichkeiten, welche entwickelt werden möchten. Ihre Aufgabe ist es, die Punkte herauszuarbeiten, an welchen die fördernde Hilfe der Notgemeinschaft mit Erfolg angesetzt werden kann.

Der Durchmusterung der reichen Arbeitsergebnisse legen wir unsern alten Plan mit den fünf Kategorien von Problemen wieder zugrunde. Wir behandeln nach ihm die Arbeiten über

A. das Wesen des metallischen Zustandes,
B. das Gefüge und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen (Metallographie),
C. die Plastizität und Formgebung,
D. die chemische Metallurgie,
E. die feuerfesten Materialien.

Zu A. Über das Wesen des metallischen Zustandes

An Zahl treten die Arbeiten auf diesem Gebiete gegen die auf den drei nächsten stark zurück. Zweifellos enthalten aber die vorgelegten recht bedeutsames Material. Die Probleme der elektrischen und der thermischen Leitfähigkeit der Metalle sind einerseits in der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt mit Hilfe der im letzten Bericht erwähnten Tieftemperaturanlage durch Oberregierungsrat Dr. Meißner, zum Teil in Breslau im Institut für physikalische Chemie an der Technischen Hochschule durch Prof. Dr. A. Eucken studiert worden.

Die Herren Meißner[2]) und Voigt verfolgten den elektrischen Widerstand der Elemente Beryllium, Kalzium, Molybdän, Rhodium, Palladium, Tantal, Wolfram, Iridium, Antimon und Kohlenstoff sowie von verschiedenen Eisensorten und von Neusilber bis zu den tiefsten Temperaturen hinab und fanden bei dieser Gelegenheit ein weiteres Metall, welches das Phänomen der Supraleitfähigkeit zeigt, in dem Tantal. Es ist dieses Element der sechste Vertreter supraleitender Metalle, der erste, welcher in Deutschland als solcher erkannt wurde; an den fünf anderen, Blei, Quecksilber, Zinn, Thallium und Indium, wurde früher von Prof. Kamerlingh-Onnes im Kältelabora-

torium der Universität Leyden die höchst merkwürdige Erscheinung aufgefunden und näher studiert. Die deutschen Forscher meinen, daß der supraleitende Strom, dessen Zustandekommen ein Problem von grundsätzlicher Bedeutung bildet, von unregelmäßigen Elektronen getragen wird, und daß es sich bei der Supraleitfähigkeit eher um einen Volumeffekt als um einen Oberflächeneffekt handelt.

Mit der Charlottenburger Tieftemperaturanlage sind auch von Herrn E. Goens nach einer empfindlichen akustischen Methode die elastischen Konstanten der Metallkristalle und ihre Temperaturabhängigkeit bis zu den Temperaturen des flüssigen Wasserstoffes gemessen worden. Der Bericht hierüber wird aber erst im Jahre 1929 erscheinen.

Aus dem Breslauer Laboratorium teilten A. Eucken[3]) und G. Kuhn die Ergebnisse neuer Messungen der Wärmeleitfähigkeit fester kristallisierter Stoffe bei 0° bis —190° C mit und A. Eucken[4]) Studien und Betrachtungen über das Gesetz von Wiedemann und Franz, welche an frühere Arbeiten dieses Forschers anschließen und eine Auseinandersetzung mit E. Grüneisen enthalten.

Neue Betrachtungen über die Elektronentheorie der Metalle, bei denen die moderne Wellenmechanik in den Dienst der Elektronenstatistik gestellt wird, hat A. Sommerfeld[5]) in München angestellt, die der Forschung über das Wesen des metallischen Zustandes neue Anregungen bieten. Herr Geheimrat Sommerfeld hat sich dankenswerterweise bereit erklärt, dem Metallforschungsausschuß der Notgemeinschaft bei experimentellen Untersuchungen, welche an seine theoretischen Arbeiten zur Elektronentheorie der Metalle anknüpfen, mit seinem Rate zur Seite zu stehen.

Die optischen Konstanten der Metalle und Legierungen, Reflexionsvermögen, Absorptions- und Brechungskoeffizienten hat Herr Prof. Clemens Schäfer in Breslau erneut zu messen unternommen. Bisher liegen von ihm die Ergebnisse von Beobachtungen über das Reflexionsvermögen von Edelstählen vor, aus denen aber bei der komplexen Beschaffenheit der Stähle allgemeine metallkundliche Schlüsse nicht gezogen werden können. Dagegen versprechen Untersuchungen über die Reflexion des Lichtes an Gold-Silbermischkristallegierungen verschiedener Zusammensetzung neue Einblicke in das bisher kaum bearbeitete Gebiet.

Zu B. Das Gefüge und die physikalischen und chemischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen (Metallographie).

Die Probleme, welche das Gefüge der Metalle und Legierungen trotz jahrzehntelanger intensiver Tätigkeit der Metallographen immer noch stellt, lassen sich in allgemeinere und in spezielle, auf bestimmte Systeme bezügliche, einteilen.

Allgemeine Fragen wurden von Herrn G. Tammann in Göttingen und seinen Mitarbeitern behandelt. Bestimmungen über die Passivitätsgrenze in Mischkristallreihen[6]), die Bestimmung der Löslichkeitskurven von Mischkristallen bei kleinen Konzentrationen und die Verlagerung der Zwischensubstanz beim Erhitzen[7]) sowie die Ausarbeitung empfindlicher Methoden für den Nachweis geringer Beimengungen in Metallen[8]), [9]) bilden den Gegenstand dieser Untersuchungen. Die Tammannsche Theorie der Resistenzgrenzen bei metallischen Mischkristallen wurde im physikochemischen und im mineralogischen Institut der Universität Leipzig mit Hilfe von Röntgenuntersuchungen an dem System Gold-Kupfer von den Herren M. Le Blanc, K. Richter und E. Schiebold nachgeprüft[10]). Diese Autoren glauben festgestellt zu haben, daß regelmäßige Verteilungen der Mischkristallkomponenten eigentlich niemals erreicht werden können, daß eine absolute Resistenzgrenze nicht existiert, und daß die Tammannsche Theorie zu modifizieren sei.

Zu den Arbeiten von mehr theoretischer Bedeutung gehört die bisher noch nicht veröffentlichte, von H. Thielmann im Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung in Berlin-Dahlem über die Druckabhängigkeit der Eisen-Umwandlungspunkte durchgeführte. Für die α—γ-Umwandlung hat sich die volle Gültigkeit der thermodynamischen Formel von Clausius-Clapeiron ergeben, während bei dem Entmischungspunkt der Eisen-Kohlenstoffmischkristalle, beim Perlitpunkte keinerlei Gesetzmäßigkeit zu erkennen war. Die höchsten aufgewendeten Drucke betrugen 1000 kg/qcm.

Im Eisenhüttenmännischen Institute der Technischen Hochschule Breslau beschäftigt sich Herr F. Sauerwald mit der Herstellung von Metalleinkristallen und deren Untersuchung sowie mit der Verdampfungsgeschwindigkeit von Kristallen und Mehrstofflegierungen.

Auch die im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung in Berlin-Dahlem entstandenen Arbeiten der Herren W. Kuntze[11]), W.

Kuntze, G. Sachs und H. Siglerschmidt[12]) über das elastische Verhalten der Metalle gehören zu den allgemeinere Themen behandelnden.

Sehr groß ist die Zahl der Untersuchungen über wichtige Zwei- und Mehrstofflegierungen, welche wir aufzählen, ohne uns bei diesem Berichte in Einzelheiten zu verlieren. Wir können sehen, daß das Interesse an ihnen allenthalben ein sehr reges ist, und die verschiedensten Zweige der Metallindustrie solche Forschungen dringend benötigen. Vor allem sind es die Vergütungserscheinungen der Legierungen, welche immer und immer wieder zum tieferen Eindringen in die Feinheiten der Legierungskunde reizen und anregen.

Besonders umfangreiche Untersuchungen über die Vergütungsfrage sind im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung von Herrn M. Hansen und seinen Mitarbeitern durchgeführt worden. Sie erstrecken sich insbesondere auf aluminiumreiche Aluminium-Silberlegierungen und auf Kupfer-Zinklegierungen[13]), [14]), [15]), [16]), [17]). Auch magnesiumreiche Magnesium-Kupferlegierungen wurden in den Bereich der Untersuchungen einbezogen[18]). Die Bronzen, sowohl Zinnbronzen[19]) wie Aluminiumbronzen sind einerseits von M. Hansen, andererseits an der Technischen Hochschule Berlin von W. Claus und Fr. Goederitz nach verschiedenen Richtungen hin studiert. Die letztgenannten Forscher schenkten insbesondere dem Gefügebau der Gußknüppel in Abhängigkeit von den thermischen Bedingungen und der Konstruktion der Gußform sowie den abnormen Schwindungserscheinungen ihre Aufmerksamkeit. Aus ihren Beobachtungen konnten sie Gesichtspunkte für die Vermeidung von Störungen und für sparsames Arbeiten beim Bronzeguß gewinnen. Eine gedruckte Veröffentlichung darüber liegt noch nicht vor, der Bericht wird aber bald erscheinen. Letzteres gilt auch für die im Institut für physikalische Chemie der Technischen Hochschule Stuttgart von Prof. G. Grube eingeleiteten Untersuchungen über die Zink-Kadmium- und Zink-Magnesium-Legierungen. Auch er studierte die Vergütungsvorgänge und nahm Versuche über die Legierungssysteme Magnesium-Cadmium, Magnesium-Aluminium und Magnesium-Thallium in Angriff. Als Methode zum tieferen Eindringen in die Strukturverhältnisse bedient er sich der elektrischen Leitfähigkeit der Legierungen. Um etwaige Einflüsse des Wasserstoffes und der sog. Wasserstoffkrankheit kennenzulernen, hat G. Grube seine älteren Messungen über Gold-Kupfer-Legierungen nachgeprüft. Im Institute für Metallhüttenwesen an der Technischen Hochschule

Aachen konnte Prof. P. Röntgen systematische Untersuchungen über das sehr interessante und in neuerer Zeit wegen der bei ihm auftretenden hohen Härtegrade mehrfach studierte System Kupfer-Beryllium zum Abschluß bringen.

Beryllium-Eisen- und Bor-Eisen-Legierungen wurden im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf von Prof. F. Körber und den beiden Forschungsstipendiaten Dr. Müller und Dr. Heinzel bearbeitet. Sie ermittelten die Zustandsdiagramme der beiden Zweistoffsysteme, stellten für beide das Auftreten von Substitutionsmischkristallen fest und erkannten das Borid Fe_4B_2 durch röntgenographische Strukturbestimmung als in der skalenoedrischen Raumgruppe kristallisierend.

Das umfangreiche, über binäre Eisenlegierungen vorliegende Beobachtungsmaterial regte Herrn Körber an, eine Systematik der Eisenlegierungen aufzustellen. Je nach der Wirkung der Legierungselemente lassen sich zwei Gruppen unterscheiden, von denen die erste diejenigen Legierungen umfaßt, bei denen die kubisch-raumzentrierte α- (δ-) Phase eine Erweiterung, die zweite die mit erhöhter Stabilität der kubisch-flächenzentrierten γ-Eisenphase umfaßt. Maßgebend für die Wirkung scheint in erster Linie das Atomvolumen zu sein; Elemente mit großen Atomradien erwiesen sich als unlöslich im Eisen, während Elemente, deren Atomradius von derselben Größenordnung ist wie der des Eisens das γ-Feld vergrößern.

Von den Eisen-Aluminium- und Eisen-Aluminium-Silizium-Legierungen wurden im Hochfrequenzofen zwei Reihen erschmolzen und diese auf die magnetischen Eigenschaften hin geprüft. Diese Versuche ergaben ternäre Legierungen, welche ähnlich günstige magnetische Eigenschaften besitzen, wie die spröden 4%igen Eisen-Silizium-Legierungen, aber im Gegensatz zu letzteren gut verarbeitbar sind.

An dieser Stelle sind auch die Untersuchungen zu erwähnen, welche Prof. Sauerwald in Gemeinschaft mit dem Forschungsstipendiaten Kraiczek über Mehrstoffsysteme mit Eisen und Kohlenstoff weitergeführt hat; die über die Chromlegierungen steht vor dem Abschluß.

Von Zweistoffsystemen hat Prof. Vogel im Institut für physikalische Chemie der Universität Göttingen, angeregt durch die Untersuchungen R. Schencks über die Aufnahmefähigkeit des Eisens für Sauerstoff, das System Kupfer-Sauerstoff erneut untersucht und dabei festgestellt, daß auch das Kupfermetall im festen Zustande eine kleine Aufnahmefähigkeit für Kupferoxydul besitzt, daß Entmischungserscheinungen auf-

treten und dadurch bewirkte Änderungen der Bearbeitungseigenschaften des Kupfers veranlaßt werden. Die Veröffentlichung der Ergebnisse erfolgt demnächst.

Diese Ergebnisse sind auch von Bedeutung für die Technologie des kupferhaltigen Werksilbers. Den Strukturfragen der Edelmetalllegierungen hat man im letzten Jahre im Forschungsinstitut und Probieramt für Edelmetalle in Schwäbisch-Gmünd Aufmerksamkeit geschenkt. Insbesondere haben die Herren Dr. Leroux und Dr. Raub eingehende metallographische Untersuchungen über Werksilber mit Gehalten zwischen 80 und 90% Silber angestellt, vor allem haben sie das Kupfer-Silber-Eutektikum in allen Einzelheiten studiert und sind der Frage nach der Existenz einer Silber-Kupfer-Verbindung Ag_3Cu mit 83,5% Silber nachgegangen, welche den Verbindungen Ag_3Al, Ag_3Sb, Ag_3Cu entsprechen würde. Eine solche Verbindung könnte besondere Eigenschaften und ein besonderes Gefüge der Legierungen mit einem Feingehalt von 835 Tausendteilen Silber bedingen; es wird angenommen, daß sie bei hohen Temperaturen beständig ist und beim Abkühlen in zwei Reihen von Silber-Kupfermischkristallen verschiedenen Gehaltes[20]) zerfällt.

Von erheblicher praktischer Bedeutung erwies sich die Kenntnis des ternären Systemes Silber-Kupfer-Sauerstoff. Flüssiges Silber löst bei 1000° etwa 2% Kupferoxydul, welches sich beim Erstarren des Metalles in Form von silberhaltigen Schlackennestern unter Umständen tief in den Gußstücken abscheidet. Bei hochsilberhaltigen Legierungen treten diese Nester als schwarze Stellen — nicht selten an der Oberfläche der fertiggemachten Silberwaren — zutage; sie führen zu Beanstandungen durch die Käufer und schädigen so die Edelmetallindustrie erheblich. Diese Frage ist von Dr. Leroux eingehend studiert, um die Gesichtspunkte für die Vermeidung dieses Übelstandes zu gewinnen. Von nichtanlaufenden Silberlegierungen, welche in Schwäbisch-Gmünd hergestellt worden sind, berichtete ich bereits im vergangenen Jahre. Mittlerweile sind Veröffentlichungen über diesen Gegenstand erschienen[21]).

Zur Erleichterung des Verständnisses der Dreistoffsysteme hat Prof. Vogel, Göttingen, durch Schaffung von Modellen, welche sehr anschaulich sind, wesentlich beigetragen[22]). In der nächsten Zeit sind von ihm Veröffentlichungen über eine Reihe spezieller Systeme zu erwarten, z. B. über das System Eisen-Kohlenstoff-Phosphor, bei dem theoretisch neuartige Verhältnisse zutage traten, welche die

Schmelz- und Erstarrungserscheinungen eines phosphorhaltigen Roheisens völlig klären. Weiter wurden untersucht die ternären Legierungen Eisen-Nickel-Phosphor, Eisen-Nickel-Schwefel, Eisen-Kohlenstoff-Vanadium, von denen die beiden ersteren in naher Beziehung zu den Meteorlegierungen stehen, über deren Strukturformen Herr Vogel in der „Deutschen Forschung" Heft 3 eine Übersicht gab[23]). Die Untersuchungen über das Meteoreisen wurden übrigens durch das Studium des Einflusses von Kohlenstoff auf dessen Struktur fortgesetzt.

Über den Einfluß von Kohlenstoff, Mangan und Silizium auf das Wachsen des Gußeisens berichtet aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung Prof. O. Bauer und K. Sipp[24]), über neue selbstveredelnde Aluminium-Gußlegierungen mit hoher Elastizitätsgrenze Prof. M. v. Schwarz von der Technischen Hochschule München[25]), auch beschreibt letzterer eine neue Maschine zur Prüfung von Lagermetallen.

Über Korrosionsfragen vom metallographischen Standpunkte aus wurde an mehreren Stellen gearbeitet. Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung beschäftigten sich die Herren O. Bauer und Morell mit der Korrosion des Aluminiums und seiner veredelbaren Legierungen. Der Bericht darüber ist 1929 zu erwarten. Über Zerfall und Korrosion von Bleimänteln und Bleirohren teilt M. v. Schwarz seine Beobachtungen mit[26]).

Auf die Korrosionsfragen werden wir in anderem Zusammenhange noch in den Abschnitten C und D einzugehen haben.

Anhangsweise sei noch kurz von Untersuchungen berichtet, welche in Schwäbisch-Gmünd über die Unterscheidung von natürlichen und Zuchtperlen angestellt worden sind. Die Edelmetallindustrie muß als Verarbeiterin von Perlen und Edelsteinen selbstverständlich auch den damit zusammenhängenden wissenschaftlichen Fragen Aufmerksamkeit schenken. Es haben sich nun die Zuchtperlen, welche als weniger wertvoll gelten, als durchlässig für ultraviolettes Licht erwiesen, während die langsam gewachsenen natürlichen Perlen das ultraviolette Licht abschirmen[27]).

Zu C. Über Plastizität und Formgebung

Kein anderes Gebiet der Metallforschung ist in solchem Maße im vergangenen Jahre bearbeitet worden wie das, welches sich mit der

plastischen Deformierbarkeit der Metalle beschäftigt. Bereits der vorjährige Bericht konnte darauf hinweisen, wie stark es augenblicklich im Brennpunkte des Interesses steht, was nicht wundernimmt, da es sich um die Erkenntnis der Bearbeitbarkeit der Metalle handelt.

Keine Seite des umfangreichen Plastizitätsproblems ist unberücksichtigt geblieben, sowohl die allgemein mechanischen Fragen wie die speziell metallkundlichen über den Einfluß der mechanischen Beanspruchung auf Größe, Form und kristallographische Orientierung der Kristalliten sowie die Abhängigkeit der Eigenschaften der Metallstücke von diesen Faktoren haben zahlreiche Forscher beschäftigt.

Von den allgemeinen Problemen ist in erster Linie das über die Fließgrenze der Metalle zu erwähnen. Zum Abschlusse gelangt sind die im Göttinger Institut für angewandte Mechanik von den Herren A. Nadai und W. Lode durchgeführten Untersuchungen über die Bedingungen für den Eintritt des plastischen Zustandes[28]).

Bei diesen Versuchen wurden dickere röhrenförmige Körper aus Eisen, Kupfer und Aluminium durch inneren Flüssigkeitsdruck, axiale Zugbeanspruchung und durch gleichzeitige Torsion und Zugbeanspruchung bis an die Fließgrenze gebracht. Dabei hat sich gezeigt, daß bei polykristallinen Metallen für den Eintritt des Fließens die Erreichung einer Grenze maßgebend ist, welche durch die Gestaltänderungsarbeit bestimmt wird. Für die Zusammenhänge zwischen der Spannung und der Verformung im Fließgebiet haben sich ohne Schwierigkeit bestimmte Regeln ableiten lassen.

Einen weiteren Programmpunkt der Untersuchungen über die plastischen Formänderungen der Metalle bildeten die Versuche über konzentrierten Druck, die Wiederaufnahme der Versuche von Prandtl und A. Nadai über die plastische Härte und die Vorgänge beim Eindringen einer harten Prismenschneide in ein weiches Metall. Es wurden Probekörper aus weichem Eisen in definierter Weise beansprucht und durch Ätzung die Rekristallisationserscheinungen und die Fließfiguren verfolgt. Vergleichende Versuche mit durchsichtigen Modellkörpern aus Zelluloid und Bakelit im polarisierten Lichte ergaben das Zusammenfallen der Fließfiguren mit den Linien, welche in einem völlig elastischen Körper die Richtungen der größten Schubspannungen angeben. Dabei konnten wertvolle Feststellungen über den Eindrucksvorgang bei Zelluloid und weichem Eisen gemacht werden. Die Probleme des Fließens unter Sonderbedingungen wurden im gleichen Institute behandelt von M. Bergsträßer, welcher frei auf-

liegende rechteckige Platten unter Einzelkraftbelastung[29]) untersuchte, und von A. Nadai und L. H. Donnell, welche das Fließen in einer schnell umlaufenden Scheibe (z. B. in einer Dampfturbine) erörterten. Letztere Arbeit[30]) entstand während eines Aufenthaltes von Prof. Nadai in Amerika. Eine Zusammenfassung über die Gesetze der Plastizität findet sich in einem von A. Nadai verfaßten Abschnitt des Handbuches der Physik (herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel)[31]).

Versuche über den Fließdruck von Metallen und Salzen befinden sich auch im Mineralogischen Institute der Universität Leipzig im Gange. Prof. E. Schiebold prüft dort die Henckysche Plastizitätstheorie, indem er Metall unter verschiedenen Drucken durch enge Röhren preßte. Von weiteren durch ihn ausgeführten Arbeiten sei die Fortsetzung seiner Arbeiten über die Fließkegelstruktur und die über das Verhalten von Elektronmetall beim Pressen, Ziehen und Walzen erwähnt.

Die Natur des Walzvorganges ist einerseits von Herrn G. Tammann, andererseits von F. Weber im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf im gleichen Sinne eines kombinierten Zieh- und Stauchvorganges untersucht worden. Berichtet wird darüber von G. Tammann und A. Heinzel an zwei verschiedenen Stellen[32]),[33]), während über die Düsseldorfer Arbeiten noch keine Veröffentlichung vorliegt.

An verschiedenen Stellen Deutschlands sucht man den Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten, den Walzdruck und die Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen zu ermitteln. Über dahingehende Bestrebungen berichtete Herr Prof. F. Körber, Düsseldorf, und Prof. W. Tafel, Technische Hochschule Breslau. Durch letzteren wurden Kraftbedarfsversuche an schwedischen und englischen Blechwalzwerken und am Wittkowitzer Panzerplattenwalzwerk, welche F. Hammerschmidt und A. Babin ausführten, angeregt[34]). Zu den Untersuchungen über den Walzvorgang gehören auch die noch nicht veröffentlichten, von W. Tafel und W. Knoll durchgeführten, über die Wirkung von Abkantungen der Walzkaliber auf ihre Füllung. Ferner steht zu den Deformationsfragen in Beziehung eine Arbeit von W. Tafel und H. Scholz über die Abhängigkeit der Einschnürungslage von Metallstäben von den Abmessungen der Einspannköpfe[35]).

Kaltwalzen und Drahtziehen behandeln auch Veröffentlichungen von M. von Schwarz und M. v. Schwarz und H. Goldschmidt[36]), [37]). In Düsseldorf sind Vorversuche über die Dauerstandfestigkeit von Stahl bei höheren Temperaturen, welche genügend lange Zeit konstant gehalten

werden müssen, im Gange. Dabei ergab sich die Notwendigkeit von Verbesserungen an der Prüfmaschine. Im Eisenforschungsinstitut gelang auch die Aufklärung der Natur des Reißwinkels bei flachen Prüfstäben aus kaltgewalzten Metallfolien. Darüber berichten Arbeiten von Fr. Körber und Hub. Hoff sowie von Fr. Körber und Erich Siebel[38], [39]).

Im Aerodynamischen Institut der Technischen Hochschule Aachen wurden unter Leitung von Prof. v. Karmán Bestimmungen des Kraft-Wegdiagrammes bei Kerbschlagversuchen durchgeführt und das Verhalten der tragenden Haut sowie der Nietverbindungen dünner Bleche untersucht, auch soll die Konstruktion einer Dauerprüfmaschine entwickelt werden. Das Verhalten der Leichtmetalle bei Beanspruchungen wird ebenfalls untersucht. Die Veröffentlichungen der im Institut tätigen wissenschaftlichen Kräfte beziehen sich in der Hauptsache auf die Festigkeits- und Steifigkeitsverhältnisse von Metallkonstruktionen, also auf Ingenieurfragen des Flugzeugbaues, welche mit der Metallforschung nur durch die Materialkonstanten der Metalle, welche letztere zu ermitteln hat, in Beziehung stehen. Aus der Zusammenarbeit von Metallurgen und Ingenieuren ist eine Reihe von Arbeiten hervorgegangen[40]), [41]), [42]).

Die Zusammenhänge zwischen Werkstoffen und konstruktiver Gestaltung behandelt ein Aufsatz von G. Sachs[43]), in dem die Ergebnisse der Strukturforschung auf die Konstruktions- und Festigkeitslehre übertragen werden.

Da bei den metallkundlichen Untersuchungen über die Beziehungen zwischen Materialbeanspruchung und Kristallitenbeeinflussung die röntgenographische Untersuchungsmethode in besonders starkem Umfang verwendet wird, hat die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft die Weiterbildung der röntgenographischen Methoden zu fördern sich verpflichtet gefühlt und hat den Eintritt von Prof. R. Glocker, den Leiter des Röntgeninstitutes der Technischen Hochschule Stuttgart, in den Kreis der Mitarbeiter an den Metallforschungsarbeiten mit besonderer Freude begrüßt. Sein Aufsatz im Metallforschungsheft der Deutschen Forschung[44]) gibt eine gute Übersicht über die Verwendung der Röntgenstrahlen für metallkundliche Zwecke.

Die eine Reihe der Untersuchungen von R. Glocker und seinen Mitarbeitern bezieht sich auf die Physik der Röntgenstrahlen, mit welcher man natürlich vertraut sein muß, wenn man sich ihrer bedienen

will. Die Arbeiten betreffen die physikalischen und chemischen Wirkungen[45]), [46]), die photochemische Wirkung der Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge[47]) und die Fluoreszenzerregung[48]) sowie die quantitative Röntgenspektroanalyse mit Kalterregung des Systems[49]).

Mit Hilfe röntgenographischer Methoden, mit Hilfe optischer und mit Ätzverfahren hat man nun in die Erkenntnis der Metalldeformation und der Änderung der Strukturen durch die Bearbeitung einzudringen vermocht.

Wir haben dabei die Untersuchungen an Einzel- oder Einkristallen getrennt von den an polykristallinen Materialien angestellten zu behandeln, obgleich manche der Einkristalluntersuchungen angestellt worden ist, um aus den Erscheinungen, welche die Einzelkristalle aufweisen, ein Verständnis für das Verhalten der Vielkristallstücke zu gewinnen.

Die Einkristallstudien erstreckten sich nach verschiedenen Richtungen. Herr E. Schmid vom Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung behandelte die Festigkeits- und Fließgefahrfragen sowie die der Ermüdung auf Grund der Beobachtungen an Einzelkristallen[50]), [51]), [52]), [54]), [55]), ferner die der mechanischen Zwillingsbildung an Zinkkristallen[53]). Zu Studien über die Physik der plastischen Deformation einzelner Metallkristalle bediente er sich zuletzt der Kadmiumkristalle; an ihnen konnte er das Gesetz der Konstanz der kritischen Schubspannungen bei deutlicher Translation bestätigen und die Abhängigkeit des Schubspannungswertes von den Herstellungsbedingungen der Kristalle feststellen. Die Untersuchung der mechanischen Zwillingsbildung führte zur Ermittlung der Gesetzmäßigkeiten, welche die Erschwerung der Zwillingsbildung durch vorangegangene Translation beherrscht. Die Ergebnisse dieser Studien gestatten eine modellmäßige Darstellung der Fließgefahr, der Höchstlast und der Dehnung der Kadmiumkristalle beliebiger Orientierung. Die Veröffentlichung der Arbeit in der Zeitschrift für Physik ist in Vorbereitung.

In Angriff genommen hat Herr E. Schmid zusammen mit O. Vaupel Zerreißversuche an Steinsalz unter Wasser als Beitrag zur Frage des Joffé-Effektes; sie fanden einen Anstieg der Festigkeit auch bei Stäben parallel der Raumdiagonale, bei denen theoretisch eine Translation nach den Rhombendodekaederflächen nicht stattfinden kann. Die Veröffentlichung dieser Ergebnisse wird ebenfalls demnächst erfolgen.

Vergleiche zwischen den Einzelkristallen reiner Metalle und fester metallischer Lösungen führte Herr G. Sachs im gleichen Institute durch. Mischeinkristalle erzeugte er teils von Messing[56]), [57]), [58]), [60]), [61]), teils von vergütbaren Aluminiumlegierungen[59]). Die Untersuchungen an Messingeinkristallen ergaben grundlegende Veränderungen der Eigenschaften durch die Legierungsbildung, aus denen sich Schlüsse auf das Verhalten der Zinkatome im Gitter ziehen lassen. Auch in gewalzten und geglühten Blechen kubisch-flächenzentrierter Legierungen erwies sich die Kristallitenorientierung teilweise anders als bei reinen Metallen. Diese Tatsache ist von nicht unerheblicher praktischer Bedeutung für die Behandlung der metallischen Werkstoffe.

Versuche zur Herstellung von Einkristallen aus Metallegierungen und mineralogischen Stoffen sowie thermische Untersuchungen an solchen bei hohen und tiefen Temperaturen sind weiter im Mineralogischen Institut der Universität Leipzig im Gange, wo Prof. E. Schiebold diesen Fragen ein tätiges Interesse entgegenbringt. Ein Bericht über die Ergebnisse dieser Versuche liegt aber noch nicht vor.

Eine besondere Art von einkristallartigen Gebilden sind die metallischen Fasern, welche man beim mäßigen Erwärmen von metallischem Silber und Kupfer in Berührung mit ihren Sulfiden auftreten sieht und die auch in der Natur an den verschiedensten Stellen der Erdoberfläche vorkommen. Dem Haarsilber und Haarkupfer ist von R. Schenck, Rob. Fricke und G. Brinkmann eine eingehende röntgenographische Untersuchung gewidmet worden[62]), in der frisch hergestellte und in der Natur gefundene metallische Haarkristalle miteinander verglichen wurden. Die natürlich vorkommenden Fasern zeigten ähnlich wie nachträglich erhitzte, chemisch hergestellte polykristalline Beschaffenheit, während frisch erzeugte ausgesprochene Faserstruktur aufwiesen, ähnlich übrigens wie das ebenfalls kubisch-flächenzentriert kristallisierende Haarsalz.

Kupferhaarkristalle sind auch von Prof. Vogel, Göttingen, zum Gegenstande der Untersuchung gemacht worden. Die Veröffentlichung über die Ergebnisse steht aber noch aus.

Sehr zahlreich sind die metallkundlichen Arbeiten über die Vorgänge der Deformation an polykristallinem Metallmaterial. Zum Teil sind sie mit sehr verfeinerten Hilfsmitteln studiert worden. Als erste seien die Göttinger Arbeiten über die Änderung der Kristallitenorientierung bei der Kaltbearbeitung und ihre Sichtbarmachung durch Kornfelderätzung erwähnt, welche von Herrn G. Tammann mit einer

Reihe von Mitarbeitern durchgeführt worden sind[63], [64], [65], [66], [67].

Auch die elektrische Leitfähigkeit, welche sich mit der Deformation in verwickelter Weise ändert, wobei Erniedrigungen nur bei inhomogener Deformation auftreten, ist von M. Masima und G. Sachs zur Feststellung der feineren Vorgänge herangezogen worden[68]. Um die Aufklärung der Deformationstexturen nichtkubischer Metalle auf Grund der Vorgänge am Einkristall hat sich E. Schmid bemüht, um durch sie die Bedeutung der verschiedenen Verformungsmechanismen für die technischen Prozesse zu erfassen[69], [70].

Der gleichen Forschungsrichtung gehören die Untersuchungen von E. Schiebold und Richter[71] über den Zugversuch sowie von E. Schiebold über die Deformationsstrukturen von Aluminiumkristallen und Kristallhaufwerken[72] an, ferner die noch nicht veröffentlichte von E. Seidl, E. Schiebold und Charlotte Zierold über „Das Verhalten von Rohzink, Feinzink und Elektrolytzink beim Walzversuch und den Einfluß des Gußgefüges und der Beimengungen auf die mechanischen Eigenschaften", welche demnächst in der Zeitschrift für Metallkunde erscheinen wird. Von den Ergebnissen dieser Arbeit sei erwähnt, daß die Gußgefüge und Gußspannungen röntgenographisch ermittelt wurden und daß die Walzversuche, welche zwischen 20° und 300° durchgeführt wurden, besonders günstige Bearbeitungsverhältnisse bei 150° und bei 250° lieferten. Bei 150° ergaben sich hohe Festigkeiten des Metalles auf Kosten der Dehnung, bei 250° weniger hohe Festigkeiten, aber große Dehnung. Weiter erscheint es wertvoll, daß sich die Spaltbarkeit der Zinkkristalle durch Einlagerung von Zusatzmetallen in das Gitter herabmindern und die Festigkeit des Zinks durch kleine Zusatzmengen, z. B. von Natrium, erheblich steigern ließ.

Die Verformung der Kristallite in gezogenen Stäben verfolgte auf Anregung von Herrn W. Tafel Herr H. Scholz im Eisenhüttenmännischen Institute der Technischen Hochschule Breslau. Vor dem Abschluß steht eine umfangreiche röntgenographische Untersuchung E. Schmids über die Gußtexturen zahlreicher Metalle, welche von Bedeutung für die Weiterverarbeitung werden kann.

Einige zusammenfassende Abhandlungen von G. Sachs und Mitarbeitern mögen an dieser Stelle des Berichtes ihren Platz finden: 1. Plastizity Problemes in Metals[73]; 2. Zur Ableitung einer Fließbedingung[74]; 3. Was ist Ermüdung?[75]; 4. Zur Kenntnis der Streckgrenze von Stahl (W. Kuntze und G. Sachs)[76] und 5. Der Bruch gekerbter Zugproben[77] (von W. Kuntze).

Die Probleme der Rekristallisation sind insbesondere im Glockerschen Institute in Stuttgart weiter verfolgt worden. Voran steht die Rekristallisation von Legierungen, von α-Messing und von Werksilber[78], [79], [80]). Zusammenfassend behandelt diese Fragen U. Dehlinger in der „Metallwirtschaft"[81]).

Das Verhalten sehr reiner Aluminiumdrähte studierten E. Schmidt und G. Wassermann[82]). Die Rekristallisationskurven von Weicheisen nach dem Warmwalzen untersuchten W. Tafel, H. Hanemann und A. Schneider in Breslau, wobei sie recht erhebliche Abweichungen von den beim Schmieden erhaltenen Ergebnissen feststellen mußten. Der Bericht wird in „Stahl und Eisen" erscheinen.

Als Rekristallisationsstudien können auch die röntgenographischen Untersuchungen über die Struktur von Schweißungen betrachtet werden. Solche sind von Prof. E. Schiebold in Leipzig veranlaßt und von A. Herr bei Kupfer- und Gußeisen-Warmschweißungen durchgeführt worden[83]).

Mit der Beeinflussung der chemischen Eigenschaften durch die Kaltbearbeitung beschäftigen sich mehrere Forscher. G. Tammann und L. Wilson studierten die Änderung des galvanischen Potentiales, der Farbänderung und des elektrischen Widerstandes gewisser Gold-Silber-Kupfer-Legierungen[84]), G. Tammann und J. Schneider die Abhängigkeit der Absorptionsgeschwindigkeit des Wasserstoffes durch Palladium, Eisen und Nickel von der Kristallitenorientierung[85]), G. Tammann und C. Wilson weiter die Abscheidungsgeschwindigkeit des Radium F von der Natur und dem Zustande des fällenden Metalles[86]).

Die Abhängigkeit der chemischen Eigenschaften der Metalle von der Kristallitenorientierung hängt mit Korrosionsfragen eng zusammen. Über solche Beziehungen berichten R. Glauner und R. Glocker, die sie bei Walzblechen fanden[87]). Auf neue Wege der Korrosionsforschung weisen J. Czochralski und E. Schmid hin[88]). Besonders leicht tritt Korrosion naturgemäß bei Leichtmetallen auf, deshalb wird der Frage der Angreifbarkeit der für den Flugzeugbau wichtigen Werkstoffe und ihrer Sicherung durch Schutzüberzüge auch im Aerodynamischen Institute der Technischen Hochschule Aachen große Aufmerksamkeit geschenkt.

Der wichtigen Korrosionsfrage, welche recht verschiedene Seiten aufweist, begegnen wir sonach nicht nur im Kapitel B und im Kapitel D, wo von den eigentlichen chemischen Problemen die Rede sein wird,

sondern auch hier im Zusammenhange mit den Plastizitäts- und Bearbeitungsfragen.

Zu D: Chemische Metallurgie

In diesem Kapitel haben wir alle Arbeiten zusammenzufassen, welche die Beziehung der Metalle zu ihren Verbindungen, aus denen man sie gewinnen kann, in irgendwelcher Weise berühren. Die hier zu behandelnden Fragen sind sehr zahlreich, und wir müssen, um den Bericht übersichtlich zu gestalten, den Stoff in verschiedene Abschnitte unterteilen.

Wir behandeln

I. die Erzprobleme,
II. die praktischen Untersuchungen über hüttenmännische Verfahren,
III. die Hilfsuntersuchungen über thermische Konstanten und Wärmeströmungen,
IV. chemische und elektrochemische Untersuchungen,
V. die physikochemischen Probleme der Metallurgie.

I. Über wichtige deutsche und ausländische Erzlager liegen uns verschiedene Berichte vor. Die Oberschlesische Zinkerzlagerstätte behandelt Bergrat Kurt Seidl[89]).

Eingehende Forschungen über den Mansfelder Kupferschiefer verdanken wir H. Schneiderhöhn, Professor der Mineralogie an der Universität Freiburg i. Br., dem außer Assistenten und Doktoranden die Forschungsstipendiaten Dr. Klemm und Gill zur Seite standen. Die Untersuchungen erstreckten sich zunächst auf die Verteilung und Bindung des Silbers. In den sechs Schichten des normalen Kupferschieferprofils ist der Metallgehalt ungleich verteilt, aber stets gehen Silber und Kupfer einander parallel. Im Durchschnitt hat das Flöz eine Mächtigkeit von 54 cm und enthält 3,59% Kupfer, daneben für die Tonne Erz 90 g Silber. Das Silber liegt mineralogisch in zwei verschiedenen Formen vor, einmal vertritt es isomorph das Kupfer in den sulfidischen Kupfererzen, vor allen Dingen im Buntkupfererz, andererseits ist etwa ein Drittel des Silbers an Selen gebunden in der Form von Silberselenid; der Selengehalt des Kupferschiefers macht ungefähr 0,002% aus.

Überhaupt ist der Mansfelder Kupferschiefer eine Fundgrube für

wichtige Elemente; Nickel, Molybdän und Vanadium sind in ihnen durch quantitative Spektralanalyse mit dem Quarzspektrographen festgestellt worden. Über diese Untersuchungen wird in nächster Zeit Privatdozent Dr. Cissarz berichten.

Der Anreicherung der Metallsulfide durch chemische Zerlegung und Aufschließung des Erzes haben sich ebenso große Schwierigkeiten entgegengestellt wie der mechanischen Trennung und Aufbereitung. Auch durch thermische Behandlung war eine Vergröberung der Sulfideinsprengungen des Schiefers nicht zu erreichen, so daß die Bemühungen mit anderen Hilfsmitteln fortgesetzt werden müssen.

Umfangreiche Untersuchungen F. Schneiderhöhns betrafen die Verteilung und Bindung der Edelmetalle in verschiedenen Erzmineralien. Er ging dem Vorkommen des Goldes in Pyrit, Bleiglanz, Zinkblende und siebenbürgischen Erzen nach, sowie dem in Antimonglanz und Arsenkies, er studierte die Erze von Rosenau in den Karpathen und fand durchgängig die älteren Erze reicher als die jüngeren.

Besonderes Interesse erweckt die Frage nach der Form des Vorkommens von Platinmetallen in den von dem deutschen Bergingenieur Dr. Merenski entdeckten umfangreichen Lagern des Bushfeld-Komplexes in Transvaal. Als Platin führend erwiesen sich die folgenden Mineralien:

Nickelpyrit:	Platin < 100 g > 10 g/t;	Palladium < 100 g > 10 g/t
Magnetkies:	Platin < 100 g > 10 g/t;	Palladium < 100 g > 10 g/t
	Gold < 10 g > 1 g/t;	
Portlandit:	Platin < 10 g > 1 g/t;	Palladium < 10 g > 1 g/t.

Auch Kobalt ist in ihnen enthalten, der Nickelpyrit erwies sich als vanadiumhaltig. Der Gehalt an Platinmetallen sinkt auch hier mit dem Alter der Sulfide. Während der Gehalt an Platin und Palladium von gleicher Größenordnung ist, finden sich die anderen Platinmetalle in viel geringeren Mengen vor. Iridium, Rhodium und Ruthenium machen ein Zehntel bis ein Hundertstel der beiden Hauptmetalle aus; der Osmiumgehalt ist noch viel geringer.

Auf weitere mineralogisch interessante Einzelheiten kann in diesem knappen Berichte nicht eingegangen werden. Als Gesamtergebnis läßt sich aber angeben, daß Herr Schneiderhöhn eine lückenlose Darstellung der Bildungsvorgänge der platinführenden Gesteine und der Konzentrationsvorgänge der Platinmetalle geben konnte.

Der Bericht über die Untersuchung der südafrikanischen Platin-

vorkommen soll in Gemeinschaft mit dem südafrikanischen Geologen Dr. P. A. Wagner gelegentlich des Internationalen Geologen- und Mineralogenkongresses, Pretoria 1929, veröffentlicht werden. Einen Auszug aus ihm wird demnächst das Centralblatt für Mineralogie bringen.

Die Untersuchung der Erze wird wesentlich erleichtert durch die von F. Schneiderhöhn ausgebildete Methode der Erzmikroskopie, für deren Vervollkommnung die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft Mittel zur Verfügung gestellt hat. Es wurde die Korngrößenmessung ausgebildet und die erzmikroskopische Untersuchung nicht oder nur ungenügend bekannter Mineralien durchgeführt.

Weiter widmete sich F. Schneiderhöhn der Synthese reiner Erzmineralien und der Feststellung ihrer Eigenschaften. Es wurde Bleiglanz und Kupferkies synthetisiert, wobei sich herausstellte, daß der Kupferkies bei höheren Temperaturen in Buntkupferkies und ein zweites Mineral von der Zusammensetzung $CuFe_2S_3$ zerfällt. Daneben wurden Roteisenerz und Magnetit sowie oxydische Manganerze hergestellt, über deren Eigenschaften später berichtet werden wird. In diesem Zusammenhange möge noch eine mikroskopische Untersuchung über die Thomasschlacke erwähnt werden[90]).

II. Mit dem Probleme der Aufarbeitung komplexer Erze, welche gleichzeitig die Sulfide von Blei, Kupfer und Zink enthalten, beschäftigte sich im Aachener Institut für Metallhüttenkunde und Elektrometallurgie Prof. P. Röntgen. Er studierte einerseits die Verwendbarkeit der chlorierenden verflüchtigenden Röstung und der normalen oxydierenden Röstung. Die Arbeiten sind noch im Gange. Eine teilweise Veröffentlichung des Beobachtungsmaterials findet sich in der Aachener Dissertation von G. Gerichten[91]).

Eingehend studierte P. Röntgen das Rösten der Zinkblende, dessen Eintreten bei 350° festgelegt wurde, unabhängig von der Korngröße des Röstgutes, welche nur für die Reaktionsgeschwindigkeit von Bedeutung ist. Die thermische Dissoziation des Zinksulfates beginnt bei 350° und erreicht sehr hohe Beträge bei 700°. Die Zersetzung des Sulfates wird durch Zinksulfid begünstigt. Von Einfluß erwies sich auch die Gegenwart von Eisen im Röstgut, welches zur Bildung von Zinkspinell Veranlassung geben kann.

Der Berichterstatter möchte hierzu bemerken, daß die Probleme der Zinkblenderöstung, die Festlegung der Bedingungen, unter denen Zinksulfat oder Zinkoxyd entstehen, verhältnismäßig leicht mit den Hilfs-

mitteln, welche die physikalische Chemie bietet, gelöst werden können. Die Metallurgen werden sich durch ihre Heranziehung viel Mühe und Arbeit sparen können.

Es ist auffallend, wie die möglichst vollkommene Überführung von Zinkblende in Sulfat die Metallhüttenleute beschäftigt. Wir sehen, daß auch Herr Bergrat K. Seidl, Breslau, der an den Gemeinschaftsarbeiten der Notgemeinschaft beteiligt ist, sich der Bearbeitung dieser Frage angenommen hat.

Würde es nicht dem Sinne der Gemeinschaftsarbeiten und dem Ziele, welches die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft mit ihnen verfolgt, entsprechen, wenn sie eine Aussprache über die Wege, welche zur Lösung solcher Probleme, die für die deutsche Wirtschaft von Bedeutung sind, zwischen den praktischen Metallurgen und den Theoretikern auf diesem Gebiete in die Wege leitete?

Die elektrolytische Abscheidung des Zinks aus Zinksulfatlösungen nimmt in der Erzeugung dieses Metalls vor allem in Amerika einen immer breiteren Raum ein; auch für Deutschland muß man der technischen Zinkelektrolyse starke Aufmerksamkeit schenken. Aus diesen Erwägungen sind in Aachen Versuche, welche die günstigsten Bedingungen des Verfahrens feststellen sollen, durchgeführt worden. Sie haben sich erstreckt auf die zweckmäßig einzuhaltenden Temperaturen und Elektrolytkonzentrationen, auf den Einfluß von Kolloidzusätzen, das Anodenmaterial, die Überspannungen an der Kathode, kurz, auf alle Faktoren, welche irgendwie von Bedeutung werden können. Die Ergebnisse sind zusammengestellt in der Aachener Dissertation von K. Högel[92]). Auch die Frage der Wasserstoffaufnahme durch das Elektrolytzink unter verschiedenen Herstellungsbedingungen ist in den Kreis der Untersuchungen einbezogen worden.

Eine Frage der Bleimetallurgie, die direkte Abscheidung eines metallischen Regulus aus Bleiglanz, behandelte Bergrat Kurt Seidl; eine Veröffentlichung darüber liegt noch nicht vor.

Über die metallurgisch wichtige Frage des Verhaltens von Metalloxyden und anderen Metallverbindungen bei hohen Temperaturen arbeitete im Institute für Metallhüttenkunde der Technischen Hochschule Charlottenburg Prof. Kohlmeyer; unter anderem ließ er im Hochfrequenzofen die Siedepunkte von Bleioxyd und Kadmiumoxyd bestimmen. Der Bericht über die Versuchsergebnisse wird in einer Charlottenburger Dissertation von Jürgen Feiser niedergelegt werden, welche im Anfang des Jahres 1929 erscheinen wird.

Aus dem Gebiete der Eisenmetallurgie liegen zwei aus dem Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf stammende Arbeiten vor. F. Körber behandelt die neueren Fortschritte auf dem Gebiete der Elektrostahlerzeugung[93]), H. H. Meyer auf Anregung von F. Wüst die Reduktionsgeschwindigkeit von Eisenerzen in strömenden Gasen[94]), in Wasserstoff, Kohlenoxyd und Gemischen beider zwischen 500 und 1200°.

Als Erze dienten vor allem Magneteisenerz und Minette; es zeigte sich, daß die Reduktionsgeschwindigkeit stark von den physikalischen Verhältnissen und der Sinterung abhängig ist.

III. Schon bei den ersten Verhandlungen über die Probleme der Metallforschung ist von den Mitgliedern des von der Notgemeinschaft für die Organisation dieser Gruppe von Gemeinschaftsarbeiten gebildeten Ausschusses auf die dringende Notwendigkeit der Beschaffung zuverlässig gemessener thermischer Konstanten hingewiesen worden. Das Bekanntsein der Wärmetönungen und spezifischen Wärmen ermöglicht häufig die Berechnung der Beständigkeitsverhältnisse und Bildungsbedingungen und gibt die Richtlinien auch für die Technik, wenn sie wirtschaftlich wichtige Stoffe darzustellen hat. Die beste Illustration für technische Verfahren, welche auf thermochemischer und thermodynamischer Grundlage entwickelt werden konnten, ist die Ammoniaksynthese von Haber und Bosch. Deshalb hat es sich die Notgemeinschaft angelegen sein lassen, die anorganische Thermochemie in Deutschland wieder neu zu beleben, nicht nur durch Zurverfügungstellen von apparativen Hilfsmitteln an die bewährten Forscher, sondern auch durch Gewährung mehrerer Forschungsstipendien, welche es jungen Gelehrten ermöglichen, sich in die thermochemische Methodik einzuarbeiten und an ihrer Weiterbildung mitzuwirken, damit auch in der Zukunft der Wissenschaft wie der Technik erfahrene Kräfte zur Verfügung stehen.

Das Ziel, welches sich der Metallforschungsausschuß gesteckt hat, wird allerdings noch mehrere Jahre angestrengter Arbeit erfordern, ehe es erreicht ist. „Alsdann werden wir" — so führt Prof. W. A. Roth, Braunschweig, in seinem diesjährigen Berichte aus — „(in Konkurrenz mit Amerika) die anorganische Thermochemie, die in Deutschland noch kaum systematisch betrieben worden ist, auf eine neue Basis stellen und nicht nur die Metallurgie, sondern der gesamten Chemie neue zuverlässige Werte zur Verfügung stellen können. Auf die Wichtigkeit dieser Aufgabe braucht nicht hingewiesen zu werden, denn sichere an-

organische thermochemische Daten braucht jeder, der mit anorganischen Reaktionen präparativ (im großen oder kleinen) messend oder rechnend zu tun hat."

Solche thermochemischen Arbeiten werden in dem Institute für physikalische Chemie der Technischen Hochschule in Braunschweig unter Leitung von Prof. W. A. Roth und in dem der Technischen Hochschule Breslau unter Leitung von Prof. A. Eucken ausgeführt. Auch das Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung in Düsseldorf ist an der Herbeischaffung thermochemischen Beobachtungsmaterials beteiligt.

Im Braunschweiger Institut wurden neue Formen von Kalorimetern ausgebildet, welche spezifische, Umwandlungs-Schmelz- und Reaktionswärmen namentlich bei höheren Temperaturen exakt zu bestimmen gestatten[95]), [96]), [97]). Es wurden neu bestimmt die spezifischen Wärmen von Eisen, Eisenkarbonat, Eisenoxydoxydul, Eisenoxyd, Fajalit, α- und β-Quarz, Aluminiumoxyd und Kryolith, die Schmelzwärme von Chlornatrium sowie die Umwandlungs- und Schmelzwärme von Kryolith.

Von Lösungswärmen in konzentrierter Salzsäure bei 100° wurden die von Eisenoxydoxydul, Eisenoxyd, Limonit und Fajalit bestimmt. Durch sie werden die Bildungswärmen der Eisenoxyde zugänglich. Dr. Grau maß die Verbindungswärmen von Manganoxydoxydul und von Mangankarbid, und bestimmte die Verbrennungswärmen von Silizium und Aluminium in der kalorimetrischen Bombe, wobei etwas höhere Werte als bei früheren Beobachtern herauskamen. Die Wärmetönung der Spinellbildung erwies sich fast als Null. Diese Versuche zeigten die gute Verwendbarkeit der kalorimetrischen Bombe für die Thermochemie anorganischer Stoffe.

Durch kalorimetrische Messungen bei 50° gelang es, die Wärmetönung der Bildung von Kalziumsilikat aus Kalk und Kieselsäure, von Kalziumkarbonat aus Kalk und Kohlensäure, von Kalziumhydroxyd aus Kalk und Wasser zu bestimmen. Ebenso ließ sich die Bildungswärme des Zinkoxydes aus Zink und Sauerstoff sowie des Zinkkarbonates aus Zinkoxyd und Kohlendioxyd ermitteln.

Durch Kombination der verschiedenen kalorimetrischen Verfahren wird die Kenntnis zahlreicher Wärmetönungen in direkterer und sicherer Weise zugänglich als bisher.

Besonderes Interesse beansprucht die Thermochemie des Kohlenstoffes. Es wurden die Verbrennungswärmen der beiden Graphitmodifikationen bestimmt, des aus Methan und Kohlenoxyd abge-

schiedenen β-Graphites, der röntgenographisch mit dem Roheisengraphit übereinstimmt, und des α-Graphites der Temperkohle. Außerdem wurde die Existenz einer amorphen Kohlenstofform konstatiert. In den Kreis dieser Untersuchungen gehört auch die Bestimmung der Bildungswärme des Eisenkarbides, welche zu ähnlichen Werten führte, wie sie von japanischen Forschern gefunden worden sind. Das Karbid ist nicht so hoch endotherm, wie man bisher angenommen hat. Auf kalorimetrischem Wege gelang auch die Ermittelung der Bildungswärme des Eisenkarbonyles[98]).

Als Frucht der thermochemischen Arbeiten sei noch eine Entwicklung W. A. Roths über die Beziehung zwischen der Wärmetönung und der Ordnungszahl der Elemente im periodischen System erwähnt[99]).

Eine mehr praktische Frage betrifft die Verbrennungswärme mehrerer Koksorten[100]), [101]). Für Heizwertbestimmungen konstruierten A. Eucken und L. Meyer ein vereinfachtes Kalorimeter[102]). Im übrigen waren die Bemühungen der Euckenschen Mitarbeiter auf die Bestimmung der spezifischen Wärmen von Metallen und Metallverbindungen bei tiefen Temperaturen[103]) und der Dampfdrucke von Metallen[104]) zur Gewinnung der chemischen Konstanten dieser Stoffe im Sinne des Nernstschen Wärmetheorems gerichtet.

Im Düsseldorfer Institut bestimmte man auf Anregung von Fr. Körber die spezifischen Wärmen von metallurgischen Schlacken und einigen feuerfesten Stoffen.

Für die Energieübertragung in metallurgischen Öfen sind von Bedeutung die Wärmestrahlung und die Wärmeleitung. Für die rechnerische Behandlung der Probleme der Wärmeübertragung durch Strahlung fehlte es aber an der Kenntnis der Strahlungskonstanten fester Stoffe. Aus diesem Grunde wurde im Düsseldorfer Institut von H. Schmidt und E. Furthmann eine umfangreiche Untersuchung über die Gesamtstrahlung fester Körper durchgeführt, bei der die Strahlung einer Reihe hochglanzpolierter Metalle, von Platin, Silber, Gold, Zink, Nickel, Eisen, Aluminium, Blei und drei Sorten Messing, ferner von oxydiertem Eisen, Kohle, dem Rubens-Hoffmannschen Ruß-Natronwasserglas und einer Aluminiumanstrichfarbe experimentell auch in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur ermittelt wurde[105]).

Der Forschungsstipendiat Dr. Wrede war mit dem Studium der spektralen Strahlung feuerbeständiger Baustoffe betraut, dessen Abschluß in einigen Monaten zu erwarten ist, der Forschungsstipendiat Dr. Naeser mit der Durchbildung eines Farbpyrometers, dessen Kon-

struktion bald veröffentlicht werden wird. Über spektralpyrometrische Messungen am Siemens-Martin-Ofen berichten Herm. Schmidt und Wilhelm Liesegang[106]).

Bereits im vergangenen Jahre wurde über die Inangriffnahme von Versuchen über die Wärmeübertragung und Wärmeströmung in Wärmespeichern für metallurgische Zwecke berichtet. Herr Dr. Rummel von der Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute hat nun nach mehrfachen unliebsamen Unterbrechungen die Messungen an der Versuchskammer glücklich und einwandfrei zu Ende führen und Fehlerquellen ausschalten können. Über die Messungsergebnisse wird nach der Durchrechnung des umfangreichen Zahlenmateriales berichtet werden. Einstweilen sind einige Abhandlungen, eine von K. Rummel über die Berechnung der Wärmespeicher auf Grund der Wärmedurchgangszahl[107]) und zwei weitere über Sonderfragen, welche sich bei den Versuchen ergaben, von H. Lent und Fr. Kofler über Alterungserscheinungen an Thermoelementen[108]) und den Einfluß des Staubbelages auf den Wirkungsgrad von Gitter-Wärmespeichern von A. Schack[109]) erschienen.

IV. Zu den Hilfsuntersuchungen haben wir auch die über die analytisch-chemischen Methoden zu rechnen, mögen sie zur Beschleunigung der Untersuchungen dienen oder die Zuverlässigkeit der Ergebnisse steigern.

Um die Zweckmäßigergestaltung solcher Methoden hat man sich im Kaiser-Wilhelm-Institut Düsseldorf bemüht. Forschungsstipendiat Dr. Dickens prüfte den Einfluß des Schüttelns auf den zeitlichen Ablauf verschiedener Fällungsreaktionen nach, worüber er demnächst im Archiv für Eisenhüttenwesen berichten wird, und beschäftigt sich weiter mit der Brauchbarmachung der elektrometrischen Titration für die Stahlanalyse.

Als analytische Untersuchung kann auch die im Forschungsinstitut für Edelmetalle von Dr. Luz durchgeführte, von Dr. Leroux angeregte Arbeit über die galvanische Versilberung mit zyankalischem Elektrolyten gelten, bei der die kathodischen und anodischen Vorgänge und die Produkte der chemischen Veränderung des Zyankaliums in der Zelle studiert wurden.

Mit der Struktur elektrolytischer Metallniederschläge beschäftigten sich Geheimrat Fr. Foerster in Dresden und sein Mitarbeiter Kurt Klemm; sie studierten das Weiterwachsen gegebener Kristallstrukturen durch elektrolytische Metallniederschläge an Kadmium, an Blei und

15118

Thallium und fanden dabei einen ausgesprochenen Einfluß eines Zusatzes von Kresolschwefelsäure bzw. von deren Umwandlungsprodukten.

Im physikochemischen Institute der Universität Marburg setzte A. Thiel seine Korrosionsforschungen fort. Mit Dr. E. Baars und E. Kayser verfolgte er die Überspannungserscheinungen, mit Dr. W. Ernst stellte er praktische Korrosionsversuche an, welche aber noch nicht abgeschlossen sind.

Über alle diese chemischen und elektrochemischen Arbeiten liegen gedruckte Berichte noch nicht vor.

Den Einfluß von Drucken auf die Wechselwirkung zwischen Säuren und Metallen und auf die Potentiale der mit Wasserstoff beladenen Elektroden sowie die Stromspannungskurven endlich hat Herr G. Tammann mit zwei Mitarbeitern studiert. Er berichtet darüber in der Zeitschrift für anorganische und allgemeine Chemie[110]), [111]).

V. Die physikochemischen Untersuchungen an Metallen und metallischen Systemen erstrecken sich einmal auf den Mechanismus der Einwirkung reaktionsfähiger Gase auf Metalle, welche im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie von Prof. M. Polanyi angeregt worden sind, und andererseits auf Gleichgewichtsstudien an metallischen Systemen, deren Ziel war, die Existenzgebiete der Metalle und ihrer Verbindungen unter Gasatmosphären verschiedener Art in ihrer Abhängigkeit von der Temperatur zu bestimmen.

Die von Herrn Polanyi veranlaßten Arbeiten behandeln die Erscheinungen, welche beim Zusammenführen von hochverdünnten Alkalimetalldämpfen einerseits und Halogenen im hochverdünnten Zustande andererseits zutage treten. Beide vereinigen sich in stationären Reaktionszonen unter Leuchterscheinungen ohne wesentliche Temperaturerhöhung und bilden „kalte Flammen". Aus den Erscheinungen bei der Vereinigung von Chlor und Natrium sowie Jod und Natrium konnte die Reaktionsgeschwindigkeit abgeleitet und festgestellt werden, daß jeder Stoß der Primärreaktion zur Umsetzung führt. H. Bentler und M. Polanyi, welche über diese Reaktionen berichten[112]), erörtern auch die Frage der Lumineszenzentstehung und der Lichtausbeute, welche nach ihren Messungen 0,03 bis 0,5% des theoretischen Höchstwertes ausmacht.

Andererseits wurde im gleichen Institute die Einwirkung von hochverdünntem Chlor auf festes Kupfer, also eine heterogene Reaktion, welche wie die beiden obenerwähnten unter Wärmeentwicklung ver-

läuft, studiert, und zwar von dem Forschungsstipendiaten L. Frommer[113]). Hier ist zum ersten Male eine heterogene Reaktion exakt messend konstatiert worden, die (infolge Fehlens einer „Aktivierungswärme" im landläufigen Sinne) in ihrem Verlauf den „Elementarreaktionen" homogener Systeme entspricht.

Die Versuchsergebnisse eröffnen die Möglichkeit von Schlußfolgerungen über den Mechanismus heterogener Reaktionen, sie bestehen in der Feststellung, daß die Stoßausbeute, bei der Kupferchlorid entsteht, vom Absolutwert des Druckes und auch angenähert von der absoluten Temperatur unabhängig, eine vollständige ist.

Auch diese Arbeitsrichtung weiterzuverfolgen und die Versuche auf andere Systeme auszudehnen, scheint dringend geboten.

Die Fortführung der im Chemischen Institut der Universität Münster (Westf.) schon sei Jahren im Gange befindlichen Gleichgewichtsuntersuchungen betraf die Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsvorgänge beim Eisen und Kobalt[114]), [115]), [116]). Die neuen Versuche behandelten vor allem die wichtige Frage der Löslichkeit von Sauerstoff bzw. von Oxyden im metallischen Eisen und lieferten das Ergebnis, daß die Aufnahmefähigkeit bei reinem Eisen unerwartet hoch ist, daß aber kleine Zusätze zum Metall, z. B. von ½% Kupfer oder Nickel, sie fast vollständig vernichten können (vgl. auch [119]). Eine andere Arbeit beschäftigte sich mit der Aufnahme von Schwefeldioxyd durch Nickel und Kobalt[117]), eine weitere mit dem System Kalzium-Schwefel-Sauerstoff und der Einwirkung von Schwefeldioxyd auf Kalk. Diese Reaktion hat Bedeutung für die metallurgischen Prozesse, die Untersuchung führte aber auch noch auf eine neue Möglichkeit zur Erklärung der Entstehung der sizilianischen Schwefellager; die Einwirkung heißen vulkanischen Schwefeldioxydes auf Kalke führt schließlich zur Bildung von Gips und Schwefel unter Austreibung der Kalkkohlensäure[118]).

Die Versuche, die Beeinflussung der Oxydations-Reduktionsgleichgewichte des Eisens durch fremde oxydische Zusätze kennenzulernen, führten zu höchst merkwürdigen Ergebnissen. Einmal ist die Feststellung, daß gewisse Stoffe, wie Kalk und Tonerde, Magnesia und Manganoxydul, wenn sie mit Eisenoxyden innig gemischt sind, sehr viel höhere Kohlenoxydkonzentrationen für die Reduktion des Eisens, im großen höheren Koksaufwand verlangen, als wenn reine ungemischte Oxyde vorliegen, von allgemein chemischen und von hüttenmännischem Interesse. Zweitens führten weitere Untersuchungen auf

die Tatsache, daß es Oxyde gibt, welche die Reduktionsverhältnisse des Eisens trotz innigster Beimischung in keiner Weise verändern, und damit zu einwandfreien keramischen Materialien zum Studium der Eisenreaktionen bei sehr hohen Temperaturen, bei denen bisher stets eine Gefahr der Störung durch die Geräte vorlag. Geeignet ist vor allem das Berylliumoxyd. Auffallend war auch die Beobachtung, daß im Kontakt mit Tonerde, Kalk, Magnesia und Manganoxydul reduziertes Eisen wesentlich unedler ist als aus reinem Eisenoxyd reduziertes; sie dürfte der Korrosionsforschung gewiß Anregungen geben.

Die Verfolgung dieser Tatsachen und die Versuche, ihre Ursachen aufzuklären, zeigten nun, daß allerengste Beziehungen zwischen den eben angeführten Ergebnissen und den Eigenschaften der sogenannten metallischen Mischkatalysatoren bestehen, deren sich die chemische Großindustrie bei den modernen Hochdruckverfahren bedient, um Gasreaktionen zu beschleunigen und in bestimmte Richtung zu leiten[119]).

Die Gleichgewichtsuntersuchungen haben neue Einblicke in das Katalysatorengebiet ermöglicht. Es ist natürlich erforderlich, daß dieses neue Gebiet, welches sich ganz von selbst aus der Metallforschung entwickelt hat, eine systematische Durchforschung erfährt; an ihr hat auch die allgemeine Chemie ein nicht unerhebliches Interesse.

Zu E. Über feuerfeste Materialien

Die Wichtigkeit, welche Gerätematerialien, in denen man bei hohen Temperaturen, ohne Störungen befürchten zu müssen, metallurgische Operationen durchführen kann, besitzen, haben die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft veranlaßt, dieser Frage im Rahmen der Metallforschung ihre Aufmerksamkeit und ihre Förderung zuzuwenden.

Einige Versuche, welche im Institut für Metallhüttenwesen an der Bergakademie in Freiberg (Sachsen) unter Leitung von Herrn Geh. Bergrat Prof. Dr. Schiffner mit einem Helbergerofen ausgeführt wurden, sind im vorigen Bericht erwähnt. Infolge von Apparaturschwierigkeiten haben sich im letzten Jahre Ergebnisse von Bedeutung nicht erzielen lassen.

Erfolgreicher waren die im Aachener Institut für Gesteinshüttenkunde [121]), [122]) von Dr. Salmang eingeleiteten systematischen Forschungen über die Keramik der Oxyde. Sein Ziel war die Erzeugung dichter kieselsäurefreier keramischer Massen. Die Fernhaltung der Kieselsäure gelang ihm durch Vermahlen der Oxyde in Gummikugel-

mühlen mit harten Stahlkugeln, welche er an die Stelle der sonst gebräuchlichen Porzellankugelmühlen treten ließ. Die Porigkeit der reinen Oxydmassen war schlechter als die der silikathaltigen, sie hat sich aber durch Verwendung gemischter Oxyde, wobei sich eine Zumischung des oben bereits erwähnten Berylliumoxydes als wirksam erwies, wesentlich herabdrücken lassen. Die Bildung eines etwas leichter schmelzenden Eutektikums begünstigt die Dichtigkeit der keramischen Materialien beim Brennen mit Temperaturen von fast 2000°.

Auch die Verschlackung von Oxydmassen wurde in den Kreis der Untersuchungen einbezogen. Zunächst wurde das Verhalten der Schamotte gegenüber polynären Schlacken studiert und die Reihenfolge der Angriffsfähigkeit ihrer Komponenten im reinen und gemischten Zustande ermittelt[123]).

Fortgesetzt wurden die Arbeiten über das Glas, über die Gase, welche aus dem Glase sich entwickeln lassen durch chemische Reaktionen, und über die Dissoziation und Polymerisation der einzelnen Glasbildner[124]).

Die volle Durchführung der Versuche wird einen Zeitraum von zwei bis drei Jahren erfordern, und es werden zur Abwicklung des Arbeitsprogrammes weitere Mittel bereitgestellt werden müssen.

Doch nicht nur geeignetes Gerätematerial benötigt die Metallforschung. Für die feineren physikalischen Untersuchungen hat es sich als wünschenswert erwiesen, daß von einer zuverlässigen Stelle Metalle und Legierungen nicht nur von garantierter chemischer Zusammensetzung, sondern auch von definierter thermischer und mechanischer Vorbehandlung bezogen werden können, denn nur wenige Laboratorien verfügen über die Einrichtungen, sich ihr metallisches Untersuchungsmaterial selbst herzustellen. Die mit Forschungsarbeiten Beschäftigten werden es sicher dankbar begrüßen, daß die Firma W. C. Hereaus, Platinschmelze, Hanau a. M., sich bereit erklärt hat, die Herstellung definierter Metallpräparate zu übernehmen und auch in dieser Richtung die wissenschaftliche Arbeit zu erleichtern.

Dieser Bericht läßt erkennen, wie umfangreich die Arbeit der von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ins Leben gerufenen Metallforschungsorganisation geworden ist, die in ihrer Art der Zusammenfassung fast aller auf dem Gebiete der Wissenschaft tätigen Forscher eines großen Landes ziemlich einzigartig in der Welt dastehen dürfte.

Verzeichnis der Mitarbeiter

1. Bauer, O., Prof. Dr.-Ing., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
2. Claus, W., Dr., Berlin-Charlottenburg, Metallhüttenmännisches Laboratorium der Technischen Hochschule.
3. Eucken, A., Prof. Dr., Breslau, Institut für physikalische Chemie der Technischen Hochschule.
4. Fischbeck, Dr., Tübingen, Chemisches Institut der Universität.
5. Foerster, Fr., Geh. Hofrat Prof. Dr.-Ing., Dresden, Institut für anorganische Chemie der Technischen Hochschule.
6. Glocker, R., Prof. Dr., Stuttgart, Institut für Röntgentechnik der Technischen Hochschule.
7. Grube, G., Prof. Dr., Stuttgart, Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule.
8. Hansen, M., Dr., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
9. v. Kármán, Prof. Dr., Aachen, Aerodynamisches Institut der Technischen Hochschule.
10. Kohlmeyer, E., Prof. Dr.-Ing., Berlin-Charlottenburg, Metallhüttenmännisches Laboratorium der Technischen Hochschule.
11. Körber, F., Prof. Dr., Düsseldorf, Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung.
12. Leroux, J. A. A., Dr., Schwäbisch-Gmünd, Forschungsinstitut für Edelmetalle.
13. Meißner, W., Oberregierungsrat Dr., Berlin-Charlottenburg, Physikalisch-Technische Reichsanstalt.
14. Nadai, A., Prof. Dr., Göttingen, Institut für angewandte Mechanik der Universität.
15. Piwowarsky, E., Prof. Dr., Aachen, Institut für Eisenhüttenkunde der Technischen Hochschule.
16. Polanyi, M., Prof. Dr., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.
17. Röntgen, P., Prof. Dr., Aachen, Institut für Metallhüttenwesen der Technischen Hochschule.
18. Roth, W. A., Prof. Dr., Braunschweig, Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule.
19. Rummel, K., Dr., Düsseldorf, Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.
20. Sachs, G., Dr.-Ing., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
21. Salmang, H., Prof. Dr.-Ing., Aachen, Institut für Gesteinshüttenkunde der Technischen Hochschule.

22. Sauerwald, F., Breslau, Institut für Eisenhüttenwesen der Technischen Hochschule.
23. Schaefer, Cl., Prof. Dr., Breslau, Physikalisches Institut der Universität.
24. Schenck, R., Geh.-Reg.-Rat Prof. Dr., Münster (Westf.), Chemisches Institut der Universität.
25. Schiebold, E., Prof. Dr., Leipzig, Mineralogisches Institut der Universität.
26. Schiffner, C., Geh. Bergrat Prof. Dr.-Ing., Freiberg (Sa.), Bergakademie.
27. Schmid, E., Dr., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
28. Schneiderhöhn, H., Prof. Dr., Freiburg (Breisgau), Mineralogisches Institut der Universität.
29. v. Schwarz, Freiherr, Prof. Dr., München, Technische Hochschule.
30. Seidl, E., Geh. Reg.-Rat Dr.-Ing., Berlin-Westend, Tapiau-Allee 6.
31. Seidl, K., Bergrat, Breslau 2, Bahnhofstraße 3.
32. Tafel, W., Prof. Dr., Breslau, Institut für Eisenhüttenkunde der Technischen Hochschule.
33. Tammann, G., Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Göttingen, Institut für physikalische Chemie der Universität.
34. Thiel, A., Prof. Dr., Marburg (Lahn), Institut für physikalische Chemie der Universität.
35. Thielmann, H., Dr.-Ing., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Silikatforschung.
36. Vogel, R., Prof. Dr., Göttingen, Institut für physikalische Chemie der Universität.

Verzeichnis der veröffentlichten Arbeiten

1) R. Schenck: Bericht über die bisherigen Ergebnisse der von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung. „Deutsche Forschung." Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Heft 3 (1928), S. 5—30.

2) W. Meißner: Messungen mit Hilfe von flüssigem Helium. Physik. Zt 29 (1928), 897—904

3) A. Eucken und G. Kuhn: Ergebnisse neuer Messungen der Wärmeleitfähigkeit fester kristallisierter Stoffe bei 0° bis — 190° C. Zt. f. phys. Chem. 134 (1928), 193—219.

4) A. Eucken: Zur Kenntnis des Wiedemann-Franzschen Gesetzes III. Zt. f. phys. Chem. 134 (1928), 220—229.

5) A. Sommerfeld: Zur Elektronentheorie der Metalle auf Grund der Fermischen Statistik. Zt. f. Phys. 47 (1928), 1—60.

6) G. Tammann: Zur Passivitätsgrenze in Mischkristallreihen. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 169 (1928), 151—156.

7) G. Tammann und A. Heinzel: Zur Bestimmung der Löslichkeitskurven von Mischkristallen bei kleinen Konzentrationen und die Verlagerung der Zwischensubstanz beim Erhitzen. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 176 (1928), 147—151.

8) G. Tammann, A. Heinzel und F Laas: Die Empfindlichkeit geringer Beimengungen in Kadmium und Kupfer. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 176 (1928), 143 - 146.

9) G. Tammann und W. Salge: Die Empfindlichkeit des Nachweises geringer Beimengungen im Eisen. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 176 (1928), 152—154.

10) M. Le Blanc, K. Richter und E. Schiebold: Eine Prüfung der Tammannschen Theorie der Resistenzgrenzen am System Gold-Kupfer. Ann. d. Physik (4. Folge) 86 (1928), 929—1005.

11) W. Kuntze: Abhängigkeit der elastischen Dehnungszahl a des Kupfers von der Vorbehandlung. Zt. f. Metallkunde 20, Heft 4 (1928), 145—150.

12) W. Kuntze, G. Sachs und H. Siglerschmidt: Elastizität, statische Versuche und Dauerprüfung. Zt. f. Metallkunde 20, Heft 2 (1928), 64—68.

13) M. Hansen: Zur Kenntnis des Vergütungsvorganges in Legierungen. Naturwissenschaften 16, Heft 48 (1928), 1024—1026.

14) M. Hansen: Die Alterungshärtung der aluminiumreichen Silber-Aluminium-Legierungen. Naturwissenschaften 16, Heft 22 (1928), 417—419.

15) M. Hansen: Der Aufbau der aluminiumreichen Silber-Aluminium-Legiegierungen. Zt. f. Metallkunde 20, Heft 6 (1928), 217—222.

16) M. Hansen und G. Sachs: Die elektrische Leitfähigkeit von Silberlegierungen. Zt. f. Metallkunde 20, Heft 4 (1928), 151—152.

[17]) O. Bauer und M. Hansen: Der Aufbau der Kupfer-Zink-Legierungen. Zt. f. Metallkunde 19, Heft 11 (1927), 423—434.

[18]) M. Hansen: Note on the Magnesiumrich Magnesium-Copper Alloys. Institute of Metals (1927), 93—102.

[19]) M. Hansen: Zur Kenntnis der Zinnbronzen. Zt. f anorg. u allgem. Chem. 170 (1928), 18—24.

[20]) J. A. A Leroux und E. Raub: Untersuchungen über das Silber-Kupfer-Eutektikum. Zt f. anorg. u. allgem. Chem. 178 (1929), 257—271.

[21]) Dr. Leroux: Nicht anlaufende Silberlegierungen. Mitteilungen des Forschungsinstituts und Probieramts für Edelmetalle an der Staatlichen Höheren Fachschule Schwäb.-Gmünd 2 Nr. 7 (1928), 57—63.

[22]) R. Vogel: Modelle zur Veranschaulichung der heterogenen Gleichgewichte in Dreistoffsystemen. Archiv für das Eisenhüttenwesen, 2. Gruppe E; Nr. 41, Heft 6 (1928), 1—6.

[23]) R. Vogel: Über die Strukturformen des Meteoreisens. „Deutsche Forschung." Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Heft 3 (1928), 101—122.

[24]) O. Bauer und K. Sipp: Der Einfluß von Kohlenstoff, Mangan und Silizium auf das Wachsen des Gußeisens. „Die Gießerei" Nr. 41 u. 42 (1928), 1—23.

[25]) M. v. Schwarz: Neue selbstveredelnde Aluminium-Gußlegierungen mit hoher Elastizitätsgrenze. Zt. f. Flugtechnik und Motorluftschiffahrt 19, Heft 16 (1928), 361—364.

[25]) M. v. Schwarz: Lagermetall-Prüfmaschine, Bauart v. Schwarz. Zt. d. Vereins Deutscher Ing. Nr. 31 (1928), 1098—1100.

[26]) M. v. Schwarz: Beobachtungen über scheinbaren Selbstzerfall und Korrosionen bei Bleimänteln und Bleirohren. Korrosion und Metallschutz, 4; 1. (1928), 1—5.

[27]) J. A. A. Leroux und E. Raub: Untersuchungen über das Verhalten von echten und gezüchteten Perlen gegenüber ultraviolettem Licht. Zt. f. Physik 48 (1928), 722—728.

[28]) Walter Lode: Der Einfluß der mittleren Hauptspannung auf das Fließen der Metalle. Forschungsaufgaben auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom V. D. I. Heft 303. Berlin 1928 V. D. I.-Verlag.

[29]) M. Bergsträßer: Versuche mit frei aufliegenden rechteckigen Platten unter Einzelkraftbelastung. Forschungsaufgaben auf dem Gebiete des Ingenieurwesens, herausgegeben vom V. D. I. Heft 302. Berlin 1928, V. D. I.-Verlag.

[30]) A. Nadai and L. H. Donnell: Ann Arbot, Michig.: Stress Distribution in Rotating Dishs of Ductile Material after the Yield Point has been reached. Transactions of the American Society of Mechanical Engineers Heft 22 (1928), 1—8.

[31]) A. Nadai: Plastizität und Erddruck. Handbuch d. Physik, herausgegeben von H. Geiger und K. Scheel, Bd. VI, Kap. 6, S. 428—500. Berlin, Verlag Jul. Springer.

[32]) G. Tammann und A. Heinzel: Die Kristalliten-Orientierung gereckter und gestauchter Metalle und die kristallographische Deutung der Gleitvorgänge beim Recken, Stauchen und Walzen. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 1, Heft 10 (1928), 125.

[33]) G. Tammann und A. Heinzel: Über die Änderung der Kristallitenorientierung beim Walzen des Eisens. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 176 (1927), 173—182.

[34]) F. Hammerschmidt und H. Rubin: Kraftbedarfsversuche schwedischer und englischer Blechwalzwerke und des Witkowitzer Panzerplatten-Walzwerkes. Bericht im Druck; Archiv des Eisenhüttenwesens.

[35]) W. Tafel und H. Scholz: Abhängigkeit der Lage der Einschnürung von den Abmessungen der Einspannköpfe. Stahl und Eisen 1927, 28. 1174.

[36]) M. v. Schwarz: Das Drahtziehen auf Mehrfach-Ziehmaschinen. Zt. f. Metallkunde. Rundschau 20, Heft 6 (1928), 226—227.

[37]) M. v. Schwarz und K. Goldschmidt: Das Kaltwalzen von Eisendrähten. Zentralblatt der Hütten- und Walzwerke 32, 9, (1928), 127—133.

[38]) Fr. Körber und Hubert Hoff: Über die Festigkeitseigenschaften und den Reißwinkel kaltgewalzter Metalle. Mitt. a. d. K.-W.-I. für Eisenforschung zu Düsseldorf Bd. X (1928), 175—187.

[39]) Fr. Körber und E. Siebel: Zur Theorie der Reißwinkelbildung. Ein Beitrag zur Mechanik der bildsamen Formänderung. Mitt. a. d. K.-W.-I. für Eisenforschung zu Düsseldorf, Bd. X (1928), 189—192.

[40]) v. Karmán und Basil Miller: Die mittragende Breite. Dissertation T. H. Aachen 1928, Auszug im Jahrb. d. Wissenschaftlichen Ges. f. Luftschiffahrt 1928.

[41]) v. Karmán und St. v. Falla: Die Biegungs- und Torsionsteifigkeit eines frei tragenden Flügels. Diss. T. H. Aachen 1928, Auszug in den Aachener Luftheften.

[42]) v. Karmán: Über die Festigkeit von Kastenrümpfen: Preisausschreiben der Wissenschaftl. Ges. f. Luftschiffahrt. Auszug im Jahrb. der Ges. 1928. Vollst. in den Aachener Luftheften.

[43]) G. Sachs: Werkstoffe und konstruktive Gestaltung. Schiffbau und Schiffahrt 28 (1927), Heft 20, 1—5.

[44]) R. Glocker: Die Bedeutung der Röntgenstrahlen für die Metallforschung „Deutsche Forschung", Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Heft 3 (1928), 71—100.

[45]) R. Glocker: Über die Gesetzmäßigkeiten der physikalischen und chemischen Wirkung der Röntgenstrahlen. Zt. f. techn. Physik 9, 6, (1928), 201—207.

[46]) R. Glocker: Berichtigung zur der Arbeit „Über das Grundgesetz der physikalischen Wirkungen von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge". Zt. f. Physik 46, 9 u. 10 (1928), 764.

[47]) R. Glocker und O. Risse: Über die photochemische Wirkung von Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge. Zt. f. Physik 48, 11 u. 12, 845—851.

[48]) R. Glocker, E. Kaupp und H. Widemann: Über die Erregung von Fluoreszenzlicht durch Röntgenstrahlen verschiedener Wellenlänge. Ann. d. Physik (4. Folge) 85, (1928), 313—332.

[49]) R. Glocker und H. Schreiber: Quantitative Röntgenspektralanalyse mit Kalterregung des Spektrums. Ann. d. Physik (4. Folge) 85 (1928), 1089—1102.

[50]) E. Schmid und G. Wassermann: Über die Festigkeit von Tellurkristallen. Zt. f. Physik 46 (1928), 653—667.

[51]) E. Schmid: Festigkeit und Plastizität von Metallkristallen. Metallwirtschaft 1928, Heft 37, September.

[52]) E. Schmid: Die Fließgefahr von Metallkristallen. Zt. f. Metallkunde 19 (1927), 154—157.

[53]) E. Schmid und G. Wassermann: Über die mechanische Zwillingsbildung von Zinkkristallen. Zt. f. Physik 48 (1928), 370—383.

[54]) E. Schmid: Neuere Untersuchungen an Metallkristallen. Proceedings of the International Congress for Applied Mechanics. Delft (Holland) 22.—28. 4. 1928, 1—12.

[55]) E. Schmid: Ermüdung vom Standpunkt der Vorgänge im Einkristall. Zt. f. Metallkunde 20 (1928), 69—74.

[56]) G. Sachs und H. Shoji: Zug-Druckversuche an Messingkristallen (Bauschingereffekt). Zt. f. Physik 45 (1927), 776—796.

[57]) Frhr. v. Göhr und G. Sachs: Untersuchungen an Kristallen von β-Messing, Naturwissenschaften 16 (1928), 412—416.

[58]) M. Masima und G. Sachs: Mechanische Eigenschaften von Messingkristallen. Zt. f. Physik 50 (1928), 161—186.

[59]) R. Karnop und G. Sachs: Festigkeitseigenschaften von Kristallen einer veredelbaren Aluminiumlegierung. Zt. f. Physik 49 (1928), 480—497.

[60]) Frhr. v. Göhr und G. Sachs: Festigkeitseigenschaften von Metallkristallen. Zt. f. techn. Physik 8 (1927), 586—595

[61]) O. Bauer, Frhr. v. Göhr und G. Sachs: Untersuchungen an Kupfer und Messing. Zt. f. Metallkunde 20 (1928), 202—208.

[62]) R. Schenck, Rob. Fricke und G. Brinkmann: Untersuchungen über metallische Fasern. Zt. f. physik. Chem. Abtl. A. Haber Band 1928, 32—46.

[63]) G. Tammann und M. Straumanis: Zur Sichtbarmachung plastischer Verformungen im Inneren eines Werkstückes. Zt. f. Metallkunde 20, 5 (1928), 184—185.

[64]) G. Tammann und M. Straumanis: Die Änderungen der Struktur und des elektrischen Widerstandes bei der Kaltbearbeitung von Metallen. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 169 (1928), 365—380.

[65]) G. Tammann und A. A. Botschwar: Über die Lichtfiguren des Kupfers und des Eisens. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 175 (1928), 121—130.

[66]) G. Tammann und F. Sartorius: Ätzerscheinungen am Kupfereinkristall. Zt. f. anorg. u. allgem. Chemie 175 (1928), 97—120.

[67]) G. Tammann und M. Straumanis: Zur kristallographischen Orientierung metallischer Niederschläge. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 175 (1928), 131—140.

[68]) M. Masima und G. Sachs: Leitfähigkeit und Kaltverformung. Zt. f. Physik 51 (1928), 321—327.

[69]) E. Schmid: Anordnung der Kristallite in Vielkristallen (Texturen). Zt. f. Metallkunde 20 (1928), 370—377.

[70]) E. Schmid und Wassermann: Über die Unterschiede von Korn- und Mantelzonen gezogener Drähte. Zt. f. Metallkunde 19 (1927), 325—327.

[71]) E. Schiebold und G. Richter: Studien über den Zugversuch an kristallinen Stoffen. Mitt. der Materialprüfungsanstalt, 5. Sonderheft 1928, Vorläufiger Bericht.

[72]) E. Schiebold: Über die Deformationsstrukturen von Aluminiumkristallen und Kristallhaufwerken und ihre gegenseitigen Beziehungen. Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie 11 (1927), 23—28.

[73]) G. Sachs: Plasticity Problems in Metals. Transactions of the Faraday Society XXIV, Part 2. Februar 1928, 84—92.

[74]) G. Sachs: Zur Ableitung einer Fließbedingung. Zt. d. Ver. D. Ingenieure 72 (1928), 734—736.

[75]) K. Laute und G. Sachs: Was ist Ermüdung? Zt. d. Ver. D. Ing. 72 (1928), 1188—1189.

[76]) W. Kuntze und G. Sachs: Zur Kenntnis der Streckgrenze von Stahl. Zt. d. Ver. D. Ing. 72 (1928), 1011—1016.

[77]) W. Kuntze: Der Bruch gekerbter Zugproben. Archiv für das Eisenhüttenwesen 2 (1928), Heft 2, 1—9.

[78]) A. Baß: Untersuchungen über die Rekristallisation des α-Messings. Dissertation T. H. Stuttgart 1927, 1—46.

[79]) A. Baß und R. Glocker: Über die Rekristallisation des α-Messings. Zt. f. Metallkunde 20. Heft 5 (1928), 179—183.

[80]) R. Glocker und H. Widmann: Über den Rekristallisationsvorgang des Silbers vom Feinheitsgrad 800. Zt. f. Metallkunde 20, 4 (1928), 129—131.

[81]) H. Dehlinger: Die Rekristallisation der Metalle. „Metallwirtschaft" 43 (Oktober) 1928.

[82]) E. Schmid und G. Wassermann: Über die Rekristallisation sehr reinen Aluminiumdrahtes. Zt. f. techn. Physik 9 (1928), 106—109.

[83]) A. Herr: Neuere Untersuchungen von Schweißungen mit Röntgenstrahlen. Zt. d. Ver. D. Ing. 72, 46 (1928), 1671—1675.

[84]) G. Tammann und C. Wilson: Über die Änderung des galvanischen Potentials der Metalle, die Farbenänderung und die Widerstandsänderung gewisser Gold-, Silber- und Kupferlegierungen bei der Kaltbearbeitung. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 175 (1928), 156—163.

[85]) G. Tammann und J. Schneider: Zur Kenntnis der Abhängigkeit der Absorptionsgeschwindigkeit des Wasserstoffs durch Palladium, Eisen und Nickel von der Kristallitenorientierung. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 172 (1928), 43—64.

[86]) G. Tammann und C. Wilson: Die Abhängigkeit der Abscheidungsgeschwindigkeit des RaF. von der Natur und dem Zustande des fällenden Metalls. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 173 (1928), 137—155.

[87]) R. Glauner und R. Glocker: Korrosion und Kristallitlagerung von Walzblechen. Zt. f. Metallkunde 20, 7 (1928), 244—247.

[88]) J. Czochralski und E. Schmid: Neue Wege der Korrosionsforschung. Zt. f. Metallkunde 20 (1928), 1—7.

[89]) K. Seidl: Die oberschlesische Zinkerzlagerstätte, Zusammenhang zwischen Sohlenstein-Tektonik und Erzführung der Beuthener Erzmulde. Zt. d. Oberschlesischen Berg- und Hüttenmännischen Vereins z. Z. in Kattowitz (1927), Heft 11/12, 1—35.

[90]) H. Schneiderhöhn: Mikroskopische Zusammensetzung und Gefüge verschieden vorbehandelter Thomasschlacken und ihre Beziehungen zur Zitronensäure-

löslichkeit. Mitt. aus d. K.-W.-J. f. Eisenforschung zu Düsseldorf Bd. X, Lief. 11 (1928), 203—223.

[91]) G. Gerichten: Beitrag zur Erforschung der Bedingungen für die chlorierende Verflüchtigung der Metalle. Dissertation T. H. Aachen (1928), 1—58.

[92]) K. Högel: Beiträge zur Kenntnis der Grundlagen für die technische Zinkelektrolyse unter Berücksichtigung der Stromverhältnisse und der Zusammensetzung des Elektrolyten. Dissertation T. H. Aachen (1928), 1—16.

[93]) F. Körber: Neuere Fortschritte auf dem Gebiete der Elektro-Stahlerzeugung. „Deutsche Forschung“ Heft 3 (1928), 66 - 79.

[94]) H. H. Meyer: Die Reaktionsgeschwindigkeit von Eisenerzen in strömenden Gasen. Mitt. aus d. K. W. J. f. Eisenforschung zu Düsseldorf, Bd. X (1928), 107—116.

[95]) W. A. Roth und P. Chall: Die thermische Verfolgung einiger metallurgisch wichtiger Reaktionen in einem bei höherer Temperatur arbeitenden Kalorimeter. Zt. f. Elektrochem. (1928), 185—199.

[96]) W. Kangro: Ein neues adiabatisches Kalorimeter für hohe Temperaturen. Zt. f. Elektrochem. 5 (1928), 253—256.

[97]) W. A. Roth: Die Verbrennungswärme von Benzoesäure. Zt. f. phys. Chem. 136, 5 (1928) 307—320.

[98]) O. Doepke: Thermochemische Untersuchungen der Modifikationen des Kohlenstoffs und seiner Verbindung mit dem Eisen. Dissertation Braunschweig (1928), 1—54.

[99]) W. A. Roth und O. Schwartz: Ordnungszahl und Wärmetönung. Zt. f. physik. Chem. 134, 5 u. 6 (1928), 456—466.

[100]) W. A. Roth: Die Verbrennungswärme von Hüttenkoks und anderen Kohlenstoffarten. Archiv f. das Eisenhüttenwesen 2. Heft 4 (1928), Gruppe E, Nr. 34, 1—3.

[101]) W. A. Roth: Die Verbrennungswärme von Hüttenkoks und anderen Kohlenstoffarten. Stahl u. Eisen 41 (1928), 1—2.

[102]) A. Eucken und L. Meyer: Ein vereinfachtes Kalorimeter zu Heizwertbestimmungen. „Die Chemische Fabrik“ (1928), 177—180.

[103]) K. Clusius und P. Harteck: Über die spezifischen Wärmen einiger fester Körper bei tiefen Temperaturen. Zt. f. phys. Chem. 134 (1928), 243—263.

[104]) P. Harteck: Dampfdruckmessungen von Ag, Au, Cu, Pb, Ga, Sn und Berechnung der chemischen Konstanten. Zt. f. phys. Chem. 134 (1928), 1—20.

[105]) H. Schmidt und E. Furthmann: Über die Gesamtstrahlung fester Körper. Mitt. aus d. K. W. J. f. Eisenforschung in Düsseldorf Bd. X, Lief. 12 (1928), 225—264.

[106]) H. Schmidt und W. Liesegang: Spektralpyrometrische Messungen am Siemens-Martin-Ofen. Mitt. aus d. K. W. J. f. Eisenforschung zu Düsseldorf Bd. X (1928), 72—89.

[107]) K. Rummel: Die Berechnung der Wärmespeicher auf Grund der Wärmedurchgangszahl. Stahl u. Eisen 48, 49 (1928), 1712—15, Gruppe D. Nr. 33.

[108]) H. Lent und Fr. Kofler: Alterungserscheinungen bei Thermoelementen. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 2, 3 (1928), Gruppe D, Nr. 28, 1—4.

[109]) A. Schack: Der Einfluß des Staubbelags auf den Wirkungsgrad von

Gitter-Wärmespeichern. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 2, 5 (1928), Gruppe D, Nr. 28, 1—6.

[110]) G. Tammann und K. Bochow: Über die Einwirkung von Säuren auf Metalle unter erhöhtem Druck. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 168 (1928), 33—41.

[111]) G. Tammann und E. Jenckel: Über den Einfluß des Druckes auf die Potentiale der mit Wasserstoff beladenen Elektroden und den Einfluß des Druckes auf die Stromspannungskurven. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 173 (1928), 327—337.

[112]) H. Bentler und M. Polanyi: Über hochverdünnte Flammen I. Zt. f. phys. Chem. Bd. 1 (1928), 3—30.

[113]) L. Frommer: Über heterogene Elementarreaktionen I. Zt. f. phys. Chem. 137 (1928), 201—208.

[114]) R. Schenck und Th. Dingmann: Gleichgewichtsuntersuchungen über die Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsvorgänge beim Eisen VI. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 171 (1928), 239—257.

[115]) R. Schenck und H. Klas: Gleichgewichtsuntersuchungen über die Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsvorgänge beim Eisen VII. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 178 (1929), 146—156.

[116]) R. Schenck: Die ersten Entwicklungsstadien unserer Anschauungen über die Gleichgewichte des Systems Fe-C-O. Zt. f. Elektrochem. (1928), 399—403.

[117]) R. Schenck und E. Raub: Gleichgewichtsstudien an den Systemen Co-S-O und Ni-S-O. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 178 (1929), 225—251.

[118]) R. Schenck und K. Jordan: Gleichgewichtsstudien an dem System Kalzium-Schwefel-Sauerstoff I. Zt. f. anorg. u. allgem. Chem. 178 (1928), 389—399.

[119]) R. Schenck: Die Eigenschaften der metallischen Mischkatalysatoren und ihre Abhängigkeit von den chemischen Gleichgewichten. „Deutsche Forschung", Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Heft 3 (1928), 31—65.

[120]) R. Schenck: Was bietet die wissenschaftliche Metallkunde der Technik. Zt. f. Metallkunde 20 (1928), 93—103.

[121]) H. Salmang: Das Institut für Gesteinshüttenkunde an der Techn. Hochschule Aachen. Sprechsaal für Keramik, Glas- und verw. Industrien 35 (1928), 1—6.

[122]) H. Salmang: Die Aufgaben des Instituts für Gesteinshüttenkunde an der Techn. Hochschule Aachen. Stahl und Eisen 35 (1928), 1—3.

[123]) H. Salmang und Fr. Schlick: Untersuchungen über die Verschlackung feuerfester Stoffe II. Archiv f. das Eisenhüttenwesen 2, 4 (1928), 1—9.

[124]) A. Becker und H. Salmang: Der Gehalt der Gläser an Gasen und an Wasser (im Druck). Glastechnische Berichte und Journ. of the Society of Glass Technology (Sheffield).

Bericht über die während des Jahres 1929 durchgeführten, von der Deutschen Forschungsgemeinschaft unterstützten Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung

Geheimer Regierungsrat Prof. Dr. R. Schenck, Münster i. W.

Die rege Tätigkeit auf dem Gebiete der Metallforschung, von der wir in den beiden[1])[2]) vergangenen Jahren berichten konnten, hat im Jahre 1929 angehalten. Die Zahl der an unseren Gemeinschaftsarbeiten beteiligten Forscher ist ungefähr die gleiche geblieben, die Zahl ihrer Veröffentlichungen steht den der früheren Jahre in keiner Weise nach. Die Liste der gedruckten Publikationen zeigt 124 Neuerscheinungen.

Die großen Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung waren im Jahre 1925 eingeleitet worden. Bis zum Schluß des Jahres 1927 lagen 68 gedruckte Abhandlungen vor, welche sich 1928 um 124 vermehrten, so daß die Gesamtzahl heute etwa 3 1 6 beträgt. Ein gewiß erfreuliches Ergebnis!

Es wird von Interesse sein, die wissenschaftliche Produktion des Auslandes auf unserem Gebiete damit zu vergleichen. Auch sie ist beträchtlich. Einigermaßen übersehen läßt sich die englische, da die überwiegende Mehrzahl der Arbeiten in den Zeitschriften des Institute of Metals und des Iron and Steel Institutes abgedruckt ist. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika wenden insbesondere das Bureau of standards und das Bureau of mines den Fragen der Metallforschung ihre Aufmerksamkeit zu, und es stehen ihnen dafür reiche Mittel zur Verfügung. Über die japanische Metallforschung hat soeben Kotaro Honda[3]) einen ausführlichen Bericht erstattet, welcher ein lebendiges Bild von der Tätigkeit der öffentlichen Forschungsinstitute und der der Forschungslaboratorien der japanischen Industrie von 1923 bis 1929 gibt. Nach Honda beläuft sich die Zahl der jährlichen japanischen Veröffentlichungen aus der Gesamtheit der Laboratorien auf mehr als 70. Sie wird also von der deutschen, durch die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft geförderten, nicht un-

erheblich übertroffen. Der Hondasche Bericht macht eingehende Mitteilung von den Problemen, welche in Japan im Vordergrunde des Interesses stehen und zeigt einen Achtung gebietenden Hochstand der dortigen wissenschaftlichen Arbeit.

Im großen und ganzen wollen wir den umfangreichen Stoff, welcher in unserem Berichte zu verarbeiten war, in der gleichen Weise anordnen wie es in den vergangenen Berichten geschehen ist. Nur zwei kleine Abweichungen, nämlich die Behandlung aller Textur- und Strukturfragen in Abschnitt C (Plastizität und Formgebung) und die Zusammenfassung aller Arbeiten über die Korrosion der Metalle in D (Chemische Metallurgie) schienen uns zweckmäßig zu sein.

Zu A: Über das Wesen des metallischen Zustandes

Die Wasserstoff- und Heliumverflüssigungsanlage der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt, bei deren Einrichtung die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft fördernd mitwirkte, hat sich von Neuem bewährt. Sie hat nicht nur dem Leiter des Kältelaboratoriums, Oberregierungsrat Dr. Meißner, die Gewinnung wichtiger Ergebnisse ermöglicht, sondern hat auch einer Reihe von Gästen für physikalische Untersuchungen in der Nähe des absoluten Nullpunktes zur Verfügung gestanden.

Herr Dr. W. Meißner hat seine Untersuchungen über die Supraleitfähigkeit der Elemente weitergeführt und systematisch alle ihm zugänglichen reinen Metalle, etwa 40, durchgeprüft. Dabei gelang es ihm wieder zwei Elemente, welche die auffallende Eigenschaft zeigen, aufzufinden, das Thorium[4]), welches unterhalb 1,3° absoluter Temperatur und das Titan, welches unterhalb 1,1° supraleitend wird. Von hohem theoretischen Interesse ist es, daß auch das Kupfersulfid[5]), eine Verbindung, die Eigenschaft zeigt, trotzdem man sie beim Kupfer nicht hat konstatieren können. Der Sprungpunkt liegt bei 1,6° abs. Einen ausführlichen Bericht über diese momentanen Untersuchungen wird man im Laufe des Jahres 1930 erwarten dürfen.

Außer diesen Punkten maßen W. Meißner und H. Scheffers[6]) die Änderung des elektrischen Widerstandes von Gold-Einkristallen in magnetischen Feldern bis zu 13 000 Gauß bei Temperaturen zwischen 1,2° und 78° absolut. Die Ergebnisse dieser Untersuchungen sind wichtig im Zusammenhang mit den theoretischen Arbeiten von Bloch über die

Widerstandszunahme im Magnetfeld, in denen dieser Forscher die Sommerfeldsche Theorie der elektrischen Leitfähigkeit ausbaut und zeigt, daß die starke Widerstandszunahme im Magnetfeld nur bei Berücksichtigung des magnetischen Momentes des Elektrons zu verstehen ist.

Mit der Frage nach der Natur des metallischen Zustandes und nach den Wegen, welche einen tieferen Einblick in die besonderen Bedingungen für den Metallcharakter gewähren könnten, beschäftigt sich H. J. Seemann[7]). Er weist auf die grundlegende Wichtigkeit des Studiums der Strukturen der metallischen Legierungen und die Ausbildung einer metallographischen Strukturverwandtschaftslehre hin. In weiterer Verfolgung seiner Gedankengänge prüft er die Verwendbarkeit der magnetischen Eigenschaften[8]) der Metalle und ihrer Legierungen und bespricht die bisherigen Messungen der Suszeptibilität der dia- und paramagnetischen Legierungen. Desgleichen gibt er eine Darstellung von den einphasigen Umwandlungen, deren Erforschung für das Verständnis der magnetischen Erscheinungen der Metalle und ihrer Legierungen nach seiner Meinung besonders fruchtbringend werden könnte. Von experimentellen Untersuchungen, welche unter den eben erwähnten Gesichtspunkten angestellt sind, ist zu nennen eine solche von H. J. Seemann und E. Vogt[9]) über Überstruktur und magnetische Suszeptibilität im System Kupfer-Gold.

Der systematischen Erweiterung des Beobachtungsmaterials, welches zu neuen Fragestellungen über das Wesen des metallischen Zustandes führen kann, dient eine Untersuchung über den Einfluß hoher Drucke auf den elektrischen Widerstand bei tiefen Temperaturen, welche in dem Tieftemperaturlaboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt von H. J. Seemann[10]) an Kupfer ausgeführt worden ist. Ähnliche Messungen sollen auch auf andere Metalle ausgedehnt werden. Endlich sei hier noch eine weitere kleine Arbeit desselben Forschers[11]) über die elektrische Leitfähigkeit des Carborundums erwähnt. Nach ihr dürfte der Carborund zu den Halbleitern im Sinne der Theorie von Königsberger zu rechnen sein.

Einen anderen Weg zur Erlangung neuen experimentellen Materials zum Aufbau einer Theorie des metallischen Zustandes hat Herr R. Glocker in Gemeinschaft mit dem Forschungsstipendiaten Ehrenberg beschritten durch Bestimmung des atomaren Streuvermögens des Berylliums. Diese ist abgeschlossen, und es gelang mit zwei verschiedenen Röntgenstrahlwellenlängen einen übereinstimmenden Verlauf des Atomfaktors zu erhalten. Der Vergleich der Messung mit den

wellenmechanisch berechneten Ladungsdichten im Atom lehrt, daß das an und für sich kugelsymmetrisch gebaute Berylliumatom beim Einbau in das Gitter eine bestimmte, angebbare Deformation erleidet, eine ganz neuartige Feststellung von grundsätzlicher Bedeutung. Der Bericht über die Arbeitsergebnisse wird demnächst erfolgen, es erscheint aber in hohem Maße wünschenswert, die Untersuchungen auf die dem Beryllium benachbarten Elemente auszudehnen.

Schließlich sei noch eine praktische Untersuchung der Herren W. Meißner und Holm (vom Forschungslaboratorium der Firma Siemens und Halske) erwähnt, welche in Angriff genommen worden ist, um den metallischen Kontaktwiderstand zwischen zwei Stücken desselben Metalls, insbesondere auch zwischen zwei Stücken eines Supraleiters, bei tiefen Temperaturen zu bestimmen.

Zu B: Das Gefüge und die physikalischen Eigenschaften der Metalle und Legierungen (Metallographie)

Dem Bericht über die spezielle Tätigkeit auf dem metallographischen Gebiete lassen wir den über Neuerungen auf dem Gebiete der quantitativen Röntgenspektralanalyse vorausgehen, welche bei der Analyse von Legierungen (Vanadiumbestimmung in Wolframstählen, Analyse von Platinlegierungen) sich als praktisch und gut brauchbar erwiesen haben. Die Schwierigkeiten der quantitativen Spektralanalyse sind von R. Glocker[12]) und H. Scheiber dadurch überwunden worden, daß sie die Anregung der Spektrallinien nicht mit Kathodenstrahlen, sondern mit Röntgenstrahlen bewirkten. Die Ergebnisse der eingehenden Untersuchungen zeigen, daß auf dem neuen Wege nunmehr auch bei leicht verdampfbaren Stoffen eine Analyse durchführbar ist. Die näheren Angaben finden sich in einer Arbeit von H. Schreiber[13]).

Vor dem Eingehen auf die Fragen, welche mit der Struktur und den Zustandsdiagrammen von Legierungen im Zusammenhang stehen, sind noch die Messungen von physikalischen Eigenschaften flüssiger Metalle und flüssiger Legierungen zu erwähnen. W. Krause und Sauerwald[14]) bestimmten die Dichte des flüssigen Goldes und die von Gold-Kupfer und Silber-Kupferlegierungen, und weiter die Oberflächenspannung[15]) der eben genannten Schmelzen sowie der von Zink und von Eisenlegierungen.

Des weiteren prüften F. Sauerwald[16]) und Th. Sperling die Frage,

ob die Lage der Umwandlungspunkte von Eisen und Stahl durch die Verformung beeinflußt werden, ohne eine wesentliche Wirkung feststellen zu können.

Zahlreich sind die Arbeiten über die Zustandsdiagramme von Metallegierungen, von binären und von ternären. Ihnen wird immer noch ein großes Interesse entgegengebracht. Im Vordergrunde stehen die Untersuchungen über das Wesen des Vergütungsvorganges, der viel verbreiteter ist als man ursprünglich angenommen hat, und den man auf molekulare Umsetzungen in einer homogenen festen Phase zurückzuführen geneigt ist.

Mit der Festlegung von Zustandsdiagrammen binärer Legierungen beschäftigten sich R. Kraiczek und F. Sauerwald[17]) (System Chrom-Kohlenstoff). Erneute Bestimmungen über die Zweistoffsysteme Eisen-Bor und Eisen-Beryllium führten F. Wever[18]) und A. Müller durch, in der gleichen Abhandlung geben sie auch ein neues Bild des Gleichgewichtsdiagrammes Eisen-Aluminium auf der Seite der hohen Eisenkonzentrationen. Untersucht werden im Düsseldorfer Eisenforschungsinstitut ferner augenblicklich die Systeme Eisen-Gold und Eisen-Vanadin. Im Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule Stuttgart wurden die Untersuchungen über die Konstitution von Zweistofflegierungen durch systematische Bestimmung des elektrischen Leitvermögens und seiner Abhängigkeit von der Temperatur sowie der thermischen Ausdehnung abgeschlossen für die Systeme Kadmium-Zink[19]) [20]), Magnesium-Zink[21]), Magnesium-Kadmium und Kupfer-Gold. Es gelang G. Grube und seinen Mitarbeitern die Grenzen der Mischkristallreihen festzulegen, das Auftreten intermetallischer Verbindungen wie $MgZn_2$, $MgZn_5$, $MgCd$, $MgCd_3$ und Mg_3Cd sicherzustellen und das Auftreten von Mischkristallen der Verbindungen Cu_3Au und $CuAu$ zu konstatieren. Wichtig ist die Erkenntnis, daß auch Zink und Kadmium zur Bildung von Mischkristallen befähigt sind; bisher sah man dieses System als ein typisch mischkristallfreies an. Das Legierungspaar Magnesium-Aluminium studierte eingehend H. Grashoff[22]) in Stuttgart. Für das System Silber-Kupfer ist diese Arbeit von M. Hansen[22]) im Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung in Berlin-Dahlem durchgeführt worden.

Ferner hat G. Tammann in einer noch im Druck befindlichen Abhandlung die Temperaturabhängigkeit der Löslichkeit fremder Metalle in kristallisierten Metallen behandelt.

Die genaue Festlegung der Sättigungsverhältnisse der Mischkristalle

gewinnt allenthalben erhöhte Bedeutung, und allmählich müssen bei den hauptsächlichen Werklegierungen alle älteren Angaben mit verfeinerten Methoden nachgeprüft und berichtigt werden. Vor allem gibt zu solchen Untersuchungen Veranlassung die augenblicklich im Vordergrunde des Interesses stehende Frage nach den Ursachen der Vergütbarkeit der Metalle durch kleine Zusätze, bei denen Bildung und Entmischung von Mischkristallen sowie molekulare Umsetzungen innerhalb dieser Phasen eine Rolle zu spielen scheinen. Die Aufklärung der die Vergütbarkeit bedingenden Vorgänge hat man durch die Mittel, welche den Feinbau der Kristallgitter zu erkennen gestatten, zu erreichen gesucht. Freiherr v. Göler und G. Sachs[23])[24]) haben dazu die wohl am meisten erfolgversprechende Methode der Röntgenuntersuchung herangezogen, obgleich ihre Empfindlichkeit noch manchmal zu wünschen übrig läßt. An Kupfer-Aluminiumlegierungen konnten sie feststellen, daß sich die Veredelung ohne meßbare Veränderung des Kristallgitters vollzieht. Sie sind der Meinung, daß die Erscheinung auf Vorgänge zurückzuführen ist, welche in der übersättigten festen Lösung der Auskristallisation vorangehen. Bei weiteren, im Gange befindlichen Untersuchungen über Kupfer-Silber-Legierungen haben sie die Genauigkeit des Röntgenverfahrens wesentlich zu steigern vermocht. Weiter wurde bei Gold-Kupferlegierungen ein neuartiger Vergütungsvorgang beim Zerfall der intermetallischen Verbindung AuCu aufgefunden.

Unter allgemeineren Gesichtspunkten wurde im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung auch das systematische Studium der Eisenlegierungen betrieben, deren Ziel die Erkenntnis der Beziehungen war, welche zwischen dem Verhalten der verschiedenen zugesetzten Elemente in der Eisenlegierung mit ihrer Stellung im periodischen System existieren. Über die Ergebnisse der bisher vorliegenden Untersuchungen hat F. Wever[25]) berichtet. Im Gange sind in genanntem Institute noch Untersuchungen über die Änderung des Atomabstandes in Mischkristallreihen sowie über die Beeinflussung der magnetischen Eigenschaften des Eisens durch Legierungszusätze, aus deren Ergebnisse ebenfalls wichtige Aufschlüsse für die Systematik der Eisenlegierungen erwartet werden.

Von Interesse sind auch die im letzten Jahre durchgeführten Untersuchungen über verschiedene Metall-Sauerstoffsysteme. Die Beziehungen zwischen Kupfer-Kupferoxydul und Oxyd studierte sehr eingehend vom phasentheoretischen Standpunkte aus R. Vogel[26]), wäh-

rend U. Dehlinger[27]) auf Grund früherer röntgenographischer Untersuchung und der Abbaukurve der Oxyde die Bindungsverhältnisse der in das Antimontetroxyd bis zur Zusammensetzung Sb_2O_5 eingebauten Sauerstoffatome umschrieb.

Sehr groß ist die Zahl der neu untersuchten ternären Legierungssysteme. O. Bauer und M. Hansen studierten den Einfluß von dritten Metallen auf die Konstitution von Messinglegierungen, und zwar von Blei[28]) und von Nickel[29]). Die Mehrzahl der Untersuchungen befaßte sich mit Eisenlegierungen. Im Anschluß an frühere Arbeiten untersuchte R. Vogel in Göttingen das System Eisen-Phosphor-Kohlenstoff, dessen Konstitutionsverhältnisse er veröffentlichte[30]), im Druck befinden sich Studien über Eisen-Schwefel-Nickel, welche wegen der Berücksichtigung des sogenannten Nickelsteines hüttenmännisches Interesse besitzen und auch für die tiefere Erkenntnis des Aufbaues der Meteorite von Bedeutung sind; das gleiche gilt für das System Eisen-Phosphor-Nickel; abgeschlossen hat Vogel weiter eine Untersuchung über Eisen-Vanadium-Kohlenstoff, während solche über die Dreistoffsysteme Eisen-Kohlenstoff-Schwefel, Eisen-Phosphor-Schwefel, Eisen-Nickel, Wolfram, Eisen-Nickel, Kohlenstoff, Eisenoxydul-Eisenoxyd-Kalk und das Vierstoffsystem Eisen-Nickel-Kohlenstoff-Phosphor sich noch in Arbeit befinden. Im Düsseldorfer Eisenforschungsinstitut hat man die Dreistofflegierungen Eisen-Aluminium-Silizium, Eisen-Chrom-Molybdän und Eisen-Kobalt-Chrom durchuntersucht und wird die dabei gemachten Feststellungen in Bälde veröffentlichen; das wegen seiner Beziehungen zu den rostfreien Legierungen bedeutsame System Eisen-Chrom-Nickel ist in Angriff genommen. In Breslau befaßten sich F. Sauerwald und Hummitzsch mit dem System Eisen-Phosphor-Silizium.

Im Forschungsinstitut für Edelmetalle in Schwäbisch-Gmünd setzte Dr. Leroux seine Untersuchungen über die schweranlaufenden quaternären Silberlegierungen fort, insbesondere studierte er deren mechanische Eigenschaften und konstatierte ihre Vergütbarkeit. Die Arbeiten über das Verhalten von Silber- und Silber-Kupferlegierungen beim Glühen in Sauerstoff und Luft wurden abgeschlossen. Sie zwangen zur eingehenden Beschäftigung mit dem System Silber-Kupfer-Sauerstoff und den bei ihm möglichen heterogenen Gleichgewichten.

Im Anschluß an diese Legierungsarbeiten ist noch über die Ausbildung einiger Arbeitsmethoden und über Hilfsuntersuchungen zu

berichten. Hierher gehören magnetische Untersuchungen, welche von Fr. Wever und H. Lange mit dem Differentialeisenprüfer[31])[32]) durchgeführt worden sind und die wichtigen Messungen von R. Glocker und A. Reuß[33]) über Strahlenschutz, durch welche die wichtige Frage, inwieweit Beobachter durch die Streustrahlung bei der Bedienung von Röntgenapparaturen geschädigt werden können, weitgehende Klärung erfahren hat. Sie geben die Grundlagen für die Ausarbeitung von Strahlenschutzvorschriften ab.

Auch die Methode von Leroux und E. Raub zur Unterscheidung von Natur- und Zuchtperlen, von der im vorjährigen Bericht Mitteilung gemacht wurde, ist im Laufe des Berichtsjahres verfeinert worden und gibt, falls nicht Abnormitäten der Perlenform vorliegen, zuverlässige Resultate.

Zu C: Über Plastizität, Verformung und zu ihnen in Beziehung stehende Fragen

Die Vorgänge, welche sich in den metallischen Werkstoffen bei Bearbeitung und mechanischer Beanspruchung sowie bei der thermischen Nachbehandlung abspielen, haben das Interesse der Forscher auch in diesem Berichtsjahre in hervorragendem Maße in Anspruch genommen. Die Arbeit auf diesem Gebiete ist so intensiv, daß in einer absehbaren Zeit die wesentlichen Probleme ihre Lösung gefunden haben dürften.

Um die Arbeitsergebnisse einigermaßen übersichtlich darstellen zu können, müssen wir sie nach den Problemen ordnen, deren Lösung die Untersuchungen dienen sollen.

Metallstücke, welche aus Schmelze durch Abkühlung entstanden sind, zeigen eine sogenannte Gußstruktur, welche von den Abkühlungsverhältnissen der Probe während der Erstarrung abhängig ist. Mit den Gesetzmäßigkeiten ihrer Entstehung, mit den Verschiedenheiten in Korngröße und Kornausbildung beschäftigt sich ein zusammenfassender Aufsatz von G. Tammann[34]). Die eingehende röntgenographische Untersuchung solcher Gußstrukturen für eine große Reihe von Metallen und für einige binäre Eutektika verdanken wir F. C. Nix und E. Schmid[35])[36]). Sie gibt Auskunft über die Orientierung der Kristallite bei deren strahliger Ausbildung. Die Gußtextur ist das Ergebnis anisotroper Wachstumgeschwindigkeit, die Längsrichtung der Strahlkristalle ist die Richtung größter Kristallisationsgeschwindigkeit.

Die Theorie der kristallinen Erstarrung unterkühlter Schmelzen förderte G. Tammann[37]) durch eine Arbeit über die Abhängigkeit der Zahl der Kristallisationszentren von der Temperatur.

Bei der Bearbeitung der Metalle ändert sich die Größe der Körner sowie ihre kristallographische Orientierung, und man erhält eine Bearbeitungstextur. Zu ihrer Kenntnis haben F. Weber und W. E. Schmid umfassende Beiträge[38]) durch röntgenographische Untersuchung geliefert. Als Untersuchungsobjekte dienten ihnen in der Hauptsache Aluminium, Silber und Eisen. Übrigens konnten v. Göler und G. Sachs[39]) das verschiedenartige Verhalten von Aluminium und Silber, wie es schon früher von Glocker festgestellt worden war, bestätigen und an einer sehr großen Anzahl von Präparaten verschiedener Herkunft zeigen, daß die Texturen von Aluminium, Kupfer und Nickel stets übereinstimmen.

In Erweiterung der fast ausschließlich an kubischen Metallen durchgeführten Untersuchungen der Deformationstexturen bestimmten E. Schmid und G. Wassermann[40]) die Zugtextur der hexagonalen Metalle Zink und Magnesium, bei denen sich bemerkenswerte Abweichungen von den bei kubischen Metallen bisher beobachteten Fasertexturen erkennen ließen.

Über Fließkegeltexturen veröffentlichten E. Schiebold und R. Richter[72]).

Die Rekristallisationserscheinungen, welche die vorher deformierten Metalle bei erhöhter Temperatur zeigen, haben vielfache Bearbeitung erfahren. Über ihre theoretischen Grundlagen hat sich G. Tammann[41]) geäußert, der in einer besonderen Abhandlung[42]) darauf hinweist, daß die Untersuchung der Erscheinungen an leichtschmelzenden durchsichtigen Stoffen große Vorteile vor Untersuchungen an den undurchsichtigen Metallen hat, weil sie die Verfolgung des Kornwachstums während der Rekristallisation gestattet. Die Richtung, in welcher die Korngrenze verschoben wird, wird durch die Orientierung beider Kristallite zueinander bestimmt und die Korngrenzenverschiebung durch den Gehalt an Beimengungen und ihre Ausscheidung als zusammenhängende, die Berührung der Kristallite behindernde Schicht. In einer dritten noch nicht im Druck vorliegenden Arbeit werden die neuen Erkenntnisse auf die Rekristallisation der Metalle übertragen. Eine umfangreiche Studie über die Rekristallisation reiner Metalle legt U. Dehlinger[43]) in seiner Stuttgarter Habilitationsschrift vor. Sie geht von der röntgenographischen Erfor-

schung des deformierten Zustandes, an der der Verfasser experimentell stark beteiligt gewesen ist, aus und zweitens von den in der Literatur niedergelegten Messungsergebnissen über den Zeit- und Temperaturverlauf der Rekristallisationserscheinungen. Das von ihm abgeleitete Gesetz führt zu einer Definition der Rekristallisationstemperatur und zu der Auffassung, daß ein verformter Körper unterhalb dieser Temperatur als metastabil anzusehen ist.

Unter Umständen können die nach dem Ausglühen von gewalzten Blechen erhaltenen Kristallite eine bestimmte gesetzmäßige Orientierung, eine von der Walztextur verschiedene Rekristallisationstextur zeigen, welche bei Kupfer anders ist als bei Silber und bei Messing. Mit den Entstehungsbedingungen dieser Textur, dem Einfluß von Verunreinigungen und der Ausbildung der Rekristallisationstexturen bei verschiedenen Metallen und Legierungen beschäftigten sich Frhr. v. Göler und G. Sachs[44]). Da die röntgenographisch festgestellte Anisotropie von Blechen auch in den mechanischen Eigenschaften zum Ausdruck kommt und bei regulär-flächenzentrierten Metallen die für die Technik wichtigen Festigkeitseigenschaften in starkem Maße richtungsabhängig sein können, haben sie Festigkeit und Dehnung von gewalzten und geglühten Blechen in verschiedener Lage zur Walzrichtung bestimmt[45]). Die Anisotropie von Blechen macht sich z. B. beim Ziehen von Hohlkörpern in unebenen Bändern, in einer Zipfelbildung, und herabgesetzter Tiefziehfähigkeit bemerkbar, sie ist also von erheblicher praktischer Bedeutung.

Bei metallographischen Arbeiten an Eisen- und Zinkblechen, welche im Laboratorium für Metallkunde an der Technischen Hochschule Breslau ausgeführt werden, ergab sich die Notwendigkeit, die Orientierung der Einzelkristalle im Werkstück zu bestimmen. Es gelang B. Schmidt[69]) sein Ziel durch eine Erweiterung und Genauergestaltung der Methode von Schiebold und Sachs zu erreichen.

Eine Vertiefung des Einblickes in die Physik der Plastizität wird allgemein erwartet von dem eingehenden Studium von Einzelkristallen. Dem entspricht die große Zahl von Untersuchungen an E i n - k r i s t a l l e n von Metallen und Legierungen. Glocker und Graf in Stuttgart gelang es nach umfangreichen Versuchen, Einkristallstäbe von beliebiger kristallographischer Orientierung durch eine besondere, in den Hochfrequenzofen eingesetzte Apparatur herzustellen. Sie erzeugten solche von Kupfer, Silber, Gold sowie von Gold-Silber- und Gold-Kupferlegierungen und haben mittlerweile ihre Versuche auf

noch andere Metalle ausgedehnt. Die Veröffentlichung ihrer Untersuchungen wird demnächst erfolgen. Das gleiche gilt von einer Arbeit von G. Sachs und J. Weerts, welche bei der Herstellung von Einkristallen einen starken Einfluß von Verunreinigungen auf die Orientierung feststellten.

Frhr. v. Göler und G. Sachs haben ganz systematisch Einzelkristalle von Legierungen auf ihre mechanischen Eigenschaften hin untersucht und gefunden, daß die Mischkristallbildung von eigentümlichen Eigenschaftsänderungen begleitet ist, welche auf den Gitterbau zurückwirken. Außer einer Reihe von Zink-Kupfer-Mischkristallen bis zu 28% Zink[46, 47]) ist auch die lückenlose Mischkristallreihe Gold-Silber behandelt worden, über deren Ergebnisse Veröffentlichung in Aussicht gestellt ist.

Torsionsversuche von R. Karnop und G. Sachs an Aluminiumkristallen[48]) ergaben Übereinstimmung der auftretenden Erscheinungen mit der Vorstellung des Abgleitens in Kristallflächen. Versuche zur Bestimmung der Gitterorientierung und der Gleit- und Zwillingsbildungen bei deformierten Magnesiumeinkristallen führte E. Schiebold durch.

An Messingeinkristallen wurde von M. Masima und G. Sachs[49]) die Abhängigkeit der Dichte von der Kaltverformung studiert, um ähnlich wie bei früheren Untersuchungen über die elektrische Leitfähigkeit den Einfluß der Vorbehandlung auf die physikalischen Eigenschaften kennen und verstehen zu lernen. Die gleichen Forscher stellten weiter beim Dehnen von Messingkristallen[50]) eigentümliche Wärmeeffekte fest, welche unsere Kenntnis von der Physik der Plastizität bereichern.

Aus dem gleichen Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung stammen auch die Untersuchungen von W. Boas und E. Schmid über die Dehnung von Kadmiumkristallen[51]), in denen die Bedeutung der Translation und der mechanischen Zwillingsbildung eingehend studiert wird (vgl. auch 52). Auch die Temperaturabhängigkeit der kritischen Schubspannung für das erwähnte Material wurde von ihnen in dem Temperaturbereich von 20° bis zum Schmelzpunkt untersucht[53]). Sie fällt zunächst linear mit steigender Temperatur und bleibt von etwa 140° unterhalb des Schmelzpunktes bis zu diesem konstant. Eine dritte Abhandlung der gleichen Autoren beschäftigt sich mit einigen Fragen der Theorie der Kristallplastizität[54])

Auch an durchsichtigem Material, an Steinsalzkristallen, sind Untersuchungen über Festigkeit und Plastizität von E. Schmid und O. Vaupel

angestellt worden[55]). Sie machten wahrscheinlich, daß die abnormen Erscheinungen beim Zerreißen bewässerter Kristalle, der sogenannte Joffé-Effekt, auf innere Veränderungen, welche in den Kristall eingedrungenes Wasser hervorruft, zurückzuführen sind.

In dem Tieftemperaturlaboratorium der Physikalischen Reichsanstalt stellten M. Polanyi und E. Schmid[56]) Versuche über die Translation bei den tiefsten erreichbaren Temperaturen und die Bedeutung von Temperatur und Dehnungsgeschwindigkeit für die Kristallverfestigung an. Die im Temperaturgebiet von flüssigem Wasserstoff bis zum Schmelzpunkt durchgeführten Untersuchungen über Kristallplastizität lassen den athermischen Charakter dieser Erscheinung deutlich hervortreten: Niedrige Streckgrenze — nur etwa 1 : 10 000 der zu erwartenden —, die nur wenig von der Temperatur abhängt, starke Verfestigung mit zunehmender Abgleitung, die bei hohen Temperaturen von der thermisch bedingten Kristallerholung überdeckt wird.

Auch die Untersuchung der elastischen Konstanten von Einkristallen und ihrer Temperaturabhängigkeit innerhalb weiter Temperaturgrenzen von Goens[57]) ist hier zu erwähnen.

Über den Bruchvorgang in Eisen bei tiefen Temperaturen berichten F. Sauerwald und K. A. Pohle[58]); sie untersuchten an Systemen aus großen Eisenkristallen, ob die Kaltsprödigkeit bei Temperaturen unter 0° mit Korngrenzenbruch zusammenhängt. Ein solcher wurde unter den gegebenen Bedingungen nicht beobachtet, wohl aber tritt bei genügend tiefer Temperatur ohne Formänderung ein Bruch der Einzelkristalle auf. Die planmäßige Erforschung der mechanischen Eigenschaften der Stähle bei höheren Temperaturen, vor allem ihr Verhalten gegenüber langandauernden Belastungen ist im Kaiser-Wilhelm-Institut von Fr. Körber in Angriff genommen worden mit Hilfe besonders neu geschaffener Prüfungseinrichtungen.

Mehrfach hat man den Strukturverhältnissen metallischer Oberflächenschichten und ihrem mechanischen Verhalten Aufmerksamkeit zugewandt. Prof. Polanyi berichtet von Untersuchungen, welche im Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie von Dr. Frommer in Gemeinschaft mit Dr. Zocher und Dr. Coper angestellt worden sind, indem metallische und nichtmetallische Stoffe verschiedener Art aus Öfen mit punktförmigen Öffnungen verdampft und auf Platten aus verschiedenartigem Material z. B. Glas oder Metallfolien niedergeschlagen wurden. Man hat dann den Gefügeaufbau dieser Kondensate einerseits optisch, andererseits röntgenographisch untersucht.

Die Ergebnisse der Versuche bestätigen zum Teil ältere schon bekannte Untersuchungen (z. B. über Kadmium und über kathodisch zugestäubte Metalle), zum Teil führen sie weit über diese hinaus. Es hat sich gezeigt, daß sämtliche Stoffe eine Anisotropie aufweisen, welche mit Sicherheit als eine Gestaltsisotropie anzusehen ist und deren Richtung äußerst empfindlich zu der Einfallsrichtung des Dampfstrahles in bestimmten, gesetzmäßigen Beziehungen steht, ohne daß in allen Fällen eine der Gestaltsanisotropie entsprechende kristallographische Orientierung zu erkennen wäre. Die letztere ist nur in einigen Fällen klargestellt, die Untersuchungen, an denen auch die kolloidchemische Abteilung des Haberschen Instituts beteiligt ist, sind noch im Gange.

Ein hierher gehöriges technisches Problem behandelt die Untersuchung von R. Glocker und U. Dehlinger[59]), nämlich die röntgenographische Unterscheidung zwischen mechanisch und galvanisch hergestellten Goldüberzügen. Die Anregung zu der Arbeit hatte der Vorsitzende des Edelmetallausschusses der Gesellschaft für Metallkunde Dr. Nowack gegeben, da die bekannten Verfahren sehr häufig eine sichere Entscheidung nicht zulassen. Die Frage ist von Wichtigkeit, weil in Deutschland nur die Goldüberzüge der ersten Art reichsgesetzlich als „Doublé" bezeichnet werden dürfen. Untersuchungen über die Festigkeitsverhältnisse galvanisch erzeugter Silberniederschläge sind von Dr. Leroux im Forschungsinstitut zu Schwäbisch-Gmünd in die Wege geleitet worden, haben aber zu bestimmten Ergebnissen noch nicht geführt.

Über Bemühungen um die Aufklärung der Strukturverhältnisse an Löt- und Schweißstellen ist am besten an dieser Stelle zu berichten. Feinstrukturuntersuchungen von Kupfer- und Gußeisenwarmschweißungen, zu denen das Material von der Schweißtechnischen Versuchsanstalt der Reichsbahn in Wittenberge zur Verfügung gestellt wurde, sind im Mineralogischen Institut der Universität Leipzig von Prof. E. Schiebold in Gemeinschaft mit dem Reichsbahnrat Dipl.-Ing. Kantner durchgeführt worden. Es hat sich gezeigt, daß die volle Klärung nur mit erheblich verbesserten röntgenographischen Verfahren zu erreichen sein wird. Die Untersuchung des Lötvorganges mit den heutigen röntgenographischen Methoden versprach vor allem bei den Leichtmetallen brauchbare Ergebnisse, ist doch die Gußtextur des Aluminiums durch die früheren Arbeiten von E. Seidl, E. Schiebold und E Schmid gut bekannt geworden. Aus diesem Grunde veranlaßte E. Schiebold das systematische Studium der chemischen, metallographi-

schen, kristallographischen und Festigkeitsverhältnisse von Aluminiumloten und Aluminiumlötstellen durch H. Reißinger, über dessen Ergebnis später berichtet werden wird.

Wir haben noch einer Reihe von Arbeiten Erwähnung zu tun, an denen in erster Linie der Ingenieur Interesse nehmen wird. Durch seine Untersuchungen über die Abhängigkeit der Gußtextur von den Gießbedingungen und den physiko-chemischen Verhältnissen der Schmelze hatte E. Schiebold die Wichtigkeit der Röntgenuntersuchung für die Gießereiprobleme erkannt. Die Gießereibetriebe aber haben aus guten Gründen die Methode bisher nur wenig verwendet. Der Untersuchung der Gießereierzeugnisse sind nämlich sehr bald durch die Wandstärke der metallischen Gußstücke Grenzen gesetzt. Die Beschränkung fällt aber weg, sobald man nicht die Gußstücke der Röntgendurchleuchtung aussetzt, sondern mit ihrer Hilfe die richtige Lage von Formen und Kernen kontrolliert. Es bietet keinerlei Schwierigkeiten, innere Kern- und Formfehler (Grobstrukturfehler), die zu Ausschußguß führen, aufzudecken, sodaß noch vor dem Guß Abhilfe geschaffen werden kann. Die Anwendung der Röntgendiaskopie in der Formerei wird im Leipziger Mineralogischen Institut von E. Schiebold und H. Reisinger durchgebildet und es liegt auf der Hand, daß sich die Technik ihrer gern bedienen wird.

Aus der mechanischen Kenntnis des Tiefziehvorganges, der von G. Sachs eingehend studiert wurde, konnte ein neues Prüfverfahren für die Praxis, welches demnächst in der Zeitschrift „Metallwirtschaft" der Öffentlichkeit zugänglich gemacht wird, entwickelt werden. Von dem gleichen Forscher sind weiter Untersuchungen über das Drahtziehen und Stangenpressen in Angriff genommen. E. Schiebold brachte Untersuchungen über das Verhalten des Elektronmetalles beim Pressen, Ziehen und Walzen zu einem gewissen Abschluß.

Mit der plastischen Verformung beim Warmwalzen und der ihm folgenden Rekristallisation beschäftigen sich W. Tafel, H. Hanemann und A. Schneider[60]); sie stellten beim Eisen fest, daß die Korngröße nicht nur von dem Grad, sondern auch von der Art der Verformung abhängig ist und W. Tafel stieß auch beim Kupfer auf die gleichen Verhältnisse[61]). In weiteren Abhandlungen entwickelt er neue Anschauungen über das Fließen und die Verfestigung der Metalle[62, 63]) sowohl in technologischer Hinsicht wie in der physikalischen Auffassung der Metallformung.

über die Kalt- und Warmverformung von austenitischem Nickelstahl und Transformatoreneisen berichtet Fr. Sauerwald[64]).

Im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung beschäftigten sich A. Pomp, E. Siebel und E. Houdremont[65]) mit dem Kraft- und Arbeitsbedarf beim Kaltziehen von Drähten, E. Siebel und A. Pomp[66]) mit Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen. Die Arbeiten zur Bestimmung des Kraftbedarfs und des Arbeitsverbrauches bei den mechanischen Weiterverarbeitungsprozessen der Metalle wurden anschließend auf höhere Temperaturen und verschiedenartige Kaltwalzwerke ausgedehnt.

Hingewiesen sei weiter auf zwei zusammenfassende Abhandlungen, in denen Fr. Sauerwald die Warmverformung der Metalle, ihre Kennzeichnung und ihre Beziehungen zur Kaltverformung[67]) sowie die Rücksprunghärte, die Fallhärte und ihre Abhängigkeit von der Temperatur[68]) behandelt.

Auch der Flugzeugbau hat der Metallforschung eine Reihe von Festigkeitsproblemen gestellt, welche in dem Ärodynamischen Institut der Technischen Hochschule Aachen durch Prof. v. Karmán und seine Mitarbeiter studiert worden sind. Sie betreffen einmal die Rohstoffe; insbesondere sind es die Leichtmetallegierungen, denen der Flugzeugbau Aufmerksamkeit schenkt. Untersucht wurde von F. Bollenrath das Ultralumin[70]) und das Verhalten einer Reihe von Leichtmetallegierungen in der Wärme[71]), um die Temperaturgebiete kennenzulernen, in denen die Festigkeitseigenschaften des Werkstoffes eine bedenkliche Herabminderung erfahren. Für die Prüfung der Flugzeugbauwerkstoffe auf Dauerhaftigkeit bei wechselnder Biegung und Torsion sowie beim Zusammentreffen der beiden Beanspruchungen, wurde eine Dauerprüfmaschine geschaffen und in Benutzung genommen. Beim Vergleich der Dauerbiegefestigkeit von Propellern ergab sich die Überlegenheit von Metallpropellern gegenüber den aus Holz gefertigten. Auch Konstruktionsfragen, welche der experimentellen Prüfung bedürfen und theoretisch nicht gelöst werden können, wurden behandelt. Untersucht wurden die Nietverbindungen dünner Bleche und die Durchbiegungen und Spannungen bei einem geschweißten Stahlrohrrumpf, beendet durch eine Arbeit von J. Mathar über das Verhalten der dünnen Beplankung im Flugzeugbau[110]), teilweise abgeschlossen eine solche über das Verhalten von dünnwandigen Kästen bei Biegung und Torsion. Weitere Untersuchungen, die vom Standpunkt des Flugzeugbaues in Angriff genommen worden sind, befinden sich noch im Gange.

Zu D: Chemische Metallurgie

Auch in diesem Berichte sind wir gezwungen, eine Unterteilung vorzunehmen, um eine übersichtliche Gestaltung zu erreichen. Wir haben zu behandeln

I. die Erzprobleme,
II. die praktischen Untersuchungen über die hüttenmännischen Verfahren,
III. Hilfsuntersuchungen über thermische Konstanten und Wärmeströmungen,
IV. chemische und elektrochemische Untersuchungen einschließlich der Korrosion,
V. die physikochemischen Probleme der Metallurgie.

I. Von Erzforschungsarbeiten sind vor allem die unter Leitung von Prof. Schneiderhöhn im Mineralogischen Institut der Universität Freiburg i. B. mit einer ganzen Reihe von Mitarbeitern ausgeführten zu erwähnen. Eine Untersuchung über die Metallverteilung im Mansfelder Kupferschiefer von A. Cissarz, auf welche wir im vorjährigen Berichte bereits hinwiesen, liegt nunmehr im Drucke vor[73]), und ebenso die ebenfalls schon angekündigte umfangreiche erzmikroskopische und spektroskopische Untersuchung von platinführenden Nickelmagnetkiesgesteinen des Bushveld Igneous Complex (Transvaal) von H. Schneiderhöhn[74]), aus denen man die Bildungsgeschichte des platinführenden Gesteins herleiten kann, wenn man sie mit den geologischen und petrographischen Befunden zusammenfaßt. In diese Reihe gehört auch die erzmikroskopische Untersuchung des gleichen Forschers über Cooperit, Stibiopalladinit und ein neues Nickeleisenerz aus den platinführenden Nickelmagnetkiesgesteinen des Bushvelds Transvaal[75]). O. Zedlitz berichtet über Trachtstudien an Kupferlasurkristallen verschiedener Paragenesen der Tsumeb-Mine[76]). Andere Arbeiten beziehen sich auf mikroskopische Erzuntersuchungsmethoden, es gehören hierhin solche von Schneiderhöhn selbst[77, 78]) und von H. Moritz[79]). Auch die Untersuchung von H. Schneiderhöhn über mikroskopische Zusammensetzung und Gefüge von Thomasschlacken liegt nunmehr vor[80]).

Die erzsynthetischen Arbeiten haben zu Erfolgen geführt; es konnten gut kristallisierter Kupferkies, Kubanit und Buntkupfererz durch Herrn Gill dargestellt werden. Gegenwärtig versucht man große Kristalle der erwähnten Kiese zu erhalten und studiert die Fähigkeit dieser

Erzmineralien Schwefel, Kupfer und Eisen in fester Lösung aufzunehmen.

II. Untersuchungen über die Aufbereitung von Erzen durch moderne Methoden liegen nicht vor, wohl aber verschiedene metallurgische Arbeiten. Erwähnt seien hier die von Bergrat Kurt Seidl durchgeführten Versuche zur Verarbeitung oberschlesischer Blei- und Zinkerze, alpiner Blei- und Kupfererze sowie von Mischerzen des Rammelsberger Typs, bei denen sich das Sulfatschmelzverfahren als praktisch brauchbar erwies. Die laboratoriummäßig gewonnenen Ergebnisse sind in einer Versuchsanlage erprobt worden.

Versuche zur Klärung der Zinkblenderöstung und ihre Beeinflussung durch Begleitmineralien unternahm Prof. P. Röntgen in Aachen. Der gleiche Forscher studierte weiter das Gebiet der chlorierenden Verflüchtigung der Metallsulfide und -oxyde und den Einfluß der Anwesenheit fremder Substanzen auf diese Vorgänge. Die Arbeiten sind zu einem vorläufigen Abschlusse gelangt und werden noch durch Versuche, praktische Anwendungen zu ermöglichen, ergänzt. Veröffentlichung der Versuchsergebnisse ist in Aussicht gestellt. Von den Versuchen Prof. Kohlmeyers, Charlottenburg, die Flüchtigkeit der Oxyde und Sulfide von Blei, Kadmium, Zink und Zinn zu bestimmen, hatten wir bereits im vergangenen Jahre berichtet. Mittlerweile ist die erste Arbeit seines Mitarbeiters Dr. Feiser veröffentlicht[81]). Dieser hat die Dampf- und Sublimationsdrucke der flüchtigen Oxyde bis 1200°, die der weniger flüchtigen bis 1500° ermittelt und die Siedepunkte von Blei- und Kadmiumoxyd bestimmt. Auch die Beeinflussung der Flüchtigkeit durch die Anwesenheit von Kieselsäure, Eisen- und Zinnoxyd wurde berücksichtigt und gezeigt, daß das Bleioxyd, welches im Flugstaub aus dem Konverterbetrieb enthalten ist, durch Verflüchtigung von den Begleitoxyden getrennt werden kann. Ein weiteres Kohlmeyersches Problem betrifft die Löslichkeitsverhältnisse von Zinkblende und Zinkoxyd in metallurgischen Schlacken, die im wesentlichen aus Eisen-Kalk-Silikaten bestehen. Die Arbeiten sind noch im Gange.

Die für Deutschland immer wichtiger werdende Zinkelektrolyse hat P. Röntgen zum Gegenstand umfangreicher Untersuchungen gemacht, über welche er in einem Vortrag vor der Gesellschaft Deutscher Metallhütten- und Bergleute eingehend berichtet hat[82]). Insbesondere hat er den Einfluß der Temperatur auf die Zinkelektrolyse festgelegt. Weitere noch nicht zum Abschluß gelangte Untersuchungen erstrecken sich auf die systematische Prüfung der einzelnen in Betracht kommenden Ver-

unreinigungen wie Kobalt, Kadmium, Eisen, Mangan, Arsen und Antimon.

Auf dem Gebiete der Eisenmetallurgie sind im Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung im Anschluß an die Reduktion von Erzen in strömenden Gasen Untersuchungsreihen über den Ablauf der Reduktion der Eisenoxyde durch festen Kohlenstoff aufgenommen worden, über deren Ergebnisse ein Bericht im Druck ist.

III. Die wichtigen physikalischen und wärmewirtschaftlichen Hilfsuntersuchungen, auf deren Bedeutung für die Metallurgie unsere Berichte schon mehrfach hingewiesen haben, sind im Laufe des vergangenen Jahres an verschiedenen Stellen kräftig gefördert worden.

Die Thermochemie der metallurgisch wichtigen Vorgänge findet sich im wesentlichen im Institute für physikalische Chemie der Technischen Hochschule Braunschweig konzentriert, wo Prof. Dr. W. A. Roth sich um die Vervollkommnung der Methoden und die Beschaffung zuverlässigen Zahlenmaterials bemüht. Ihm sind durch die Deutsche Forschungsgemeinschaft Hilfsmittel und Forschungsstipendiaten zur Verfügung gestellt worden, um ein möglichst intensives thermochemisches Arbeiten zu ermöglichen. Soweit es sich um Reaktionen in der kalorimetrischen Bombe handelt (Thermochemie des Eisens, Mangans und Nickels), ist die Thermochemie der wichtigsten metallurgischen Umsetzungen zu einem gewissen Abschluß gebracht. An diesen Untersuchungen beteiligten sich außer Prof. Roth die Stipendiaten O. Doepke, R. Grau, D. Müller und H. Zenneer[83, 84, 85]). Hier sind nur einige Ergänzungen mit reineren Ausgangsstoffen, vielleicht auch eine Erweiterung auf die Mangan- und Brauneisenerze notwendig. Die kalorimetrische Bombe in den verschiedenen von Roth angegebenen Ausführungsformen und das von ihm als Hilfssubstanz eingeführte Paraffinöl haben sich bei den Messungen durchaus bewährt[86, 87]).

Die Ergebnisse stimmen mit den Ordnungszahlen der Elemente und gewissen praktischen Erfahrungen der Technik weit besser überein als die bisher angenommenen Werte. Von Metallen wurden außer den oben erwähnten auch Zirkon und Chrom in der Bombe oxydiert bzw. ihre höheren Oxyde reduziert; ungeahnte Schwierigkeiten bereitete bei diesen Messungen das Beryllium. Fast ausnahmslos sind die Rothschen durch genaue Analysen gedeckten Resultate um mehrere Prozent höher als die früher gefundenen. Da die neuen Methoden direkter und die Umsetzung vollständiger ist als bei den älteren Versuchen müssen die Rothschen Daten als gesichert angesehen werden. Die

Revisionsbedürftigkeit fast aller älteren thermochemischen Daten liegt offen zutage, gleichgültig, ob sie Metalle oder Nichtmetalle betreffen. Die Notwendigkeit, fast alle Hilfsdaten neu zu bestimmen, hat den Untersuchungen einen viel größeren Umfang gegeben, als man ursprünglich beabsichtigt hatte[88]). Erledigt ist zum großen Teil die Thermochemie der Schwefelsäure, in Angriff genommen die des Chlors[89]).

Die Kontrolle der Bombenresultate durch Lösungsversuche (Lösen in konzentrierter Salzsäure bei fast 100°) erweist sich als schwieriger, wie angenommen wurde; indes ist ein großer Teil der Schwierigkeiten von Dr. Umbach überwunden worden, so daß man das Heranreifen der Früchte der sehr mühsamen, mehrjährigen Arbeit erwarten darf. Die Ausbildung der Hochtemperaturkalorimetrie mußte gegen andere drängende Arbeiten zurückgestellt werden. Die kalorimetrische Technik bei Zimmertemperatur ist so weit entwickelt, daß die Grenze der Genauigkeit vielfach durch die analytischen Methoden, nicht die thermische Messung gezogen wird. Mehrere Abhandlungen über die im Jahre 1929 gewonnenen Versuchsergebnisse befinden sich noch im Druck. Es ist unbedingt erforderlich, die thermochemischen Messungen auch in Zukunft tatkräftig zu unterstützen, um dem Bau der anorganischen Thermochemie ein zuverlässiges Fundament zu schaffen.

Die Dampfdrucke und Verdampfungswärmen des Eisenpentakarbonyls bestimmt M. Trautz und W. O. Bodstübner[90]) und auch das Eisenforschungsinstitut in Düsseldorf beteiligte sich an der Bestimmung von thermochemischen Konstanten. Man maß dort die spezifischen Wärmen metallurgischer Schlacken bis über den Schmelzpunkt hinaus und untersuchte die spektrale Energieverteilung in der Strahlung einiger glühender feuerfester Baustoffe. Die Veröffentlichungen hierüber sind in Bälde zu erwarten. Die Bemühungen um die Ausnutzung der Farbpyrometrie für Zwecke der Temperaturbestimmung führten zur Entwicklung einer sehr einfachen und bequem zu handhabenden Farbpyrometers durch G. Naeser, welcher für viele Zwecke der Praxis eine voll befriedigende Mengengenauigkeit besitzt[90]).

Die physikalischen Unterlagen für die Bewegung der Gase und die durch sie bewirkte Wärmeübertragung bilden Messungen über die Reibung, Wärmeleitung und Diffusion, welche bei Gasmischungen nur wenig studiert waren. Bei ihnen kann man die Konstanten der Mischung nicht nach einer einfachen Mischungsregel aus denen der Komponenten errechnen, die Beziehungen zwischen ihnen sind höchst

verwickelt und unübersichtlich; nur breit angelegte experimentelle Untersuchungen konnten hier Ergebnisse liefern. Dieser Aufgabe hat sich im Physikochemischen Institut der Universität Heidelberg M. Trautz unterzogen. Eine übersichtliche Zusammenstellung seiner theoretischen Entwicklungen ist in den Sitzungsberichten der Heidelberger Akademie der Wissenschaften abgedruckt[100]), die Berichte über die mit einer Reihe von Mitarbeitern erarbeiteten Versuchsergebnisse in den Annalen der Physik in vier Abhandlungen[101, 102, 103, 104]).

Die großen Versuche über die Wärmeübertragung und Wärmeströmung in Wärmespeichern sind im abgelaufenen Jahre wesentlich gefördert worden. In zwei Abhandlungen können K. Rummel und seine Mitarbeiter F. Kofler und A. Schach über die Versuchsergebnisse und ihre theoretische Verwertung zur Berechnung von Regeneratoren berichten[91, 92]). Es gelang die eindeutige Bestimmung und Formung allgemein gültiger Rechnungsgrundlagen für die Steinausnutzung, ferner die Bestimmung der Wärmeübergangszahlen für bestimmte Verhältnisse und die Verwendung der Ergebnisse zur rechnungsmäßigen Ermittlung der Wärmedurchgangszahl von Regeneratoren derart, daß Rechnung und Versuchsergebnisse sich mit großer Genauigkeit decken.

In diesem Zusammenhange seien noch die Arbeiten W. Tafels über die Gitterung der Kammern von Regenerativöfen[93]) und über Kohlenstaubfeuerungen[94]) erwähnt.

IV. Den Bericht über die chemischen und elektrochemischen Metalluntersuchungen wollen wir mit dem über die analytischen Arbeiten beginnen.

Im Düsseldorfer Eisenforschungsinstitut setzte man die Prüfung der Sauerstoffbestimmungsverfahren nach dem Heißextraktionsverfahren mit Hochfrequenzbeheizung fort; über die gewonnenen Ergebnisse soll in Kürze berichtet werden.

Zu recht guten Ergebnissen führten die Bemühungen von P. Dickens und G. Thanheiser um die Ausgestaltung der elektrometrischen Titration für die Zwecke der normalen Stahlanalyse[95]). Es gelang ihnen, für die Bestimmung von Mangan, Chrom und Vanadium einen zuverlässigen und schnell arbeitenden Trennungsgang anzugeben.

Quantitative Analysenmethoden für hochprozentige Gase mit einer Genauigkeit von 0,05% wurden im physikochemischen Institut der Universität Heidelberg von M. Trautz mit seinen Mitarbeitern E. Leonhardt, H. Scheuermann und K. Kipphahn ausgebildet. Es

wurde bestimmbar gemacht der Gehalt an Kohlensäure, Stickstoff, Sauerstoff, Edelgasen in Kohlensäure, von Sauerstoff, Stickstoff und Edelgasen in Sauerstoff[97]), von Stickstoff, Sauerstoff und Edelgas in Stickstoff[98]) und von Edelgas, Stickstoff und Sauerstoff in vorwiegendem Wasserstoff[99]).

Zahlreich waren die Untersuchungen über die chemische Angreifbarkeit oder Korrosion der Metalle. Es sind bei ihnen unter theoretischen und unter praktischen Gesichtspunkten unternommene zu unterscheiden.

Die theoretische Fragestellung konnte die Aufklärung der elektrochemischen Grundlagen der Korrosionsvorgänge im Auge haben. In dieser Richtung bewegten sich die unter Leitung von A. Thiel im Marburger Institut für physikalische Chemie durchgeführten Forschungen. Sie betrafen einmal die Überspannung des Wasserstoffs. Die Veröffentlichung von E. Boars[105]) zeigt, daß eine Mindestüberspannung nicht existiert und es erfuhr die chemische Theorie der Überspannung eine wesentliche Stütze. Die Mechanik der elektrolytischen Wasserstoffentwicklung läßt sich so deuten, daß die Reaktion an der Grenzfläche zwischen Metall und Flüssigkeit lokalisiert und auf bestimmte aktive Oberflächenbezirke beschränkt ist. Eine bemerkenswerte Rolle spielen dabei Vergiftungs- und Entgiftungserscheinungen. Die zweite Gruppe der Marburger Untersuchungen bearbeitet von der Forschungsstipendiatin Frl. Dr. W. Ernst galt dem sogenannten Differenzeffekt, d. h. dem Rückgang der Selbstauflösung von Metallen bei der Zuschaltung von Metallflächen, an denen sich Wasserstoff besonders leicht entwickelt. Es handelt sich bei solchen kurzgeschlossenen Lokalelementen um ein Widerstandsphänomen, bei dessen Berücksichtigung sich die völlige Gültigkeit des Ohmschen Gesetzes während ihrer Entladung ergibt. Hieraus erhellt die Bedeutung der Gegenwart von Elektrolyten, auch von an sich indifferenten, für die Korrosion der Metalle. Ihnen werden noch weitere Untersuchungen gewidmet werden.

Ein zweites Untersuchungsfeld ergibt sich aus den Zusammenhängen, welche zwischen der Intensität der Korrosionserscheinungen und der kristallographischen Orientierungen der Kristallflächen bestehen. Eingehende und systematische experimentelle Studien darüber liegen aus dem Glockerschen Laboratorium vor von R. Glauner[106]). Aus den an Kupferblechen mit verschiedenartiger Kristallitorientierung angestellten Korrosionsversuchen lassen sich einfache mathematische Darstellungen des Lösungsvorganges ableiten. Gegenwärtig ist Herr Glauner mit Lösungsversuchen an Einkristallen mit verschiedener

Orientierung beschäftigt, bei denen sich sehr erhebliche Unterschiede der Lösungsgeschwindigkeiten, in einigen Fällen vom Verhältnisse 1 : 3, ergeben haben. Auch E. Schiebold hat sich mit diesen Abhängigkeitsfragen beschäftigt und über die allgemeinen Beziehungen zwischen Kristallbau und chemischen Angriff auf der Jahresversammlung 1929 des Reichsausschusses für Metallschutz in Wien einen Vortrag gehalten, welcher demnächst gedruckt vorliegen wird.

Von praktisch gerichteten Untersuchungen sind die im Chemisch-Technischen und Elektrochemischen Institut der Darmstädter Technischen Hochschule von Prof. E. Berl und seinen Mitarbeitern über die Frage des Angriffs von Laugen und Salzlösungen auf Kesselbaustoffe ausgeführten zu nennen[107, 108, 109]. Der Speisewasserausschuß des Vereins Deutscher Ingenieure, dem von der Deutschen Forschungsgemeinschaft Mittel für seine Untersuchungen zur Verfügung gestellt worden waren, hat in den chemischen Arbeiten den Angriff von Lauge und von Salzlösungen auf Kesselbaustoffe genauer untersucht. Es wurde festgestellt, daß Ätznatronlösungen in stärkerer Konzentration bei höheren Temperaturen und Drucken das Schmiedeeisen außerordentlich stark unter Wasserstoffbildung angreifen. Es wurde festgestellt, daß in Nietlochrissen und feinen Kapillaren eine für den Kesselbaustoff gefährliche Anreicherung von Lauge statthaben kann. Ein außerordentlich starker Angriff von Kesselbaumaterial erfolgt auch durch Magnesiumchloridlösung. Amerikanische Befunde, wonach Natriumsulfat den Angriff von Ätznatronlösungen stark unterbindet, konnten bestätigt werden. Ein gleicher Effekt wurde bezüglich des Angriffs von Magnesiumchloridlösungen festgestellt. Die Ursache für das Verhalten des Natriumsulfates ist begründet in der Tatsache, daß entstandenes kolloidales Ferrohydroxyd unmittelbar an Metall in einer festhaftenden Form niedergeschlagen und hier durch Wasser bei höherem Druck zu einer zusammenhängenden Haut eines höheren Oxydes unter Wasserstoffentwicklung oxydiert wird. Auch der Einfluß anderer Salze wurde festgestellt und die Natur der den weiteren Angriff erschwerenden oder verhindernden Oxydschichten röntgenographisch festgelegt.

Auch die Korrosion des Aluminiums und der übrigen Leichtmetalle hat ein großes praktisches Interesse, deshalb hat das Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung die Korrosionsforschung an solchen Materialien in den Kreis seiner Arbeiten einbezogen. Nach der Beendigung der umfangreichen experimentellen Untersuchungen über die Angreif-

barkeit des Reinaluminiums und seiner handelsüblichen Legierungen hat Prof. Dr. Bauer eine grundlegende kritische Bearbeitung des Schrifttums über diesen Gegenstand vorgenommen. Sie berücksichtigte die verschiedenen Angriffsarten und ihre Ursachen in Abhängigkeit von der Konstitution der Legierungen und ihrer Vorbearbeitung und suchte in das Wesen der Erscheinungen einen Einblick zu gewinnen. Die einzelnen Untersuchungsmethoden insbesondere die Kurzproben, welche für die Praxis von besonderem Wert sind, wurden auf ihre Eignung geprüft. In besonders ausführlicher Weise wurde das Verhalten der veredelbaren Aluminiumlegierungen behandelt und bei der Einwirkung der Reagentien, Temperatur und Konzentration berücksichtigt. Die Auswertung der eigenen Versuche wird noch fortgesetzt und durch Kontrollversuche die Sicherheit der Ergebnisse vergrößert. Der Veröffentlichung darf man mit Interesse entgegensehen.

Unter Berücksichtigung der für den Flugzeugbau wesentlichen Gesichtspunkte ist auf Veranlassung von Prof. Karmán im Ärodynamischen Institut der Technischen Hochschule Aachen der Einfluß des Polierens auf die Korrosionsbeständigkeit des Ultralumins gegenüber Seewasser näher verfolgt worden. Sie wurde durch die Oberflächenbehandlung merklich erhöht und vor allen Dingen wurde auf den polierten Proben durch Lackanstrich eine bessere Schutzwirkung ausgeübt als bei den nichtpolierten.

V. Die physikochemischen Untersuchungen über die chemischen Umsetzungen der Metalle behandeln einerseits Probleme der chemischen Kinetik, andererseits befassen sie sich mit den chemischen Gleichgewichten, welche sich in der reaktionsfähigen Gasatmosphäre über den Metallen und ihren Verbindungen einstellen.

Untersuchungen über die Kinetik hetrogener Reaktionen zwischen Gasen und Metallen wurden auf Anregung von M. Polanyi im Kaiser-Wilhelm-Institut für Physikalische Chemie und Elektrochemie durchgeführt. Sie betrafen die Einwirkung von Wasserdampf auf Wolfram und das Gasraumleuchten bei heterogenen Reaktionen.

Die Reaktion zwischen Wasserdampf und Wolfram wurde derart untersucht, daß in einem hochevakuierten Gefäß ein geheizter Wolframdraht bei Temperaturen zwischen 1500 und 2700° der Einwirkung von äußerst verdünntem Wasserdampf (Druck 10^{-4} bis 5.10^{-4} mm) ausgesetzt und der Umsatz messend verfolgt wurde. Man stellte mit Sicherheit fest, daß im Gegensatz zu heterogenen Elementarreaktionen die Stoßausbeute weit unter der Größenordnung 1 blieb und merklich

temperaturabhängig ist. Die Gewinnung genauerer quantitativer Resultate wurden bisher durch die Wasseraufnahme der Wandungen erschwert, zu deren Ausschaltung es weitgehender apparativer Umgestaltungen bedarf.

Als eine, für die Aufklärung des Mechanismus heterogener Reaktionen besonders wichtige Erscheinung wurde von L. Frommer und M. Polanyi[111]) eine von ihnen gefundene Chemilumineszenz näher verfolgt, welche bei der Einwirkung von Chlor auf Aluminium in Gegenwart von Kupfer im Gasraume auftritt. Bei diesen Untersuchungen, welche sich auf die Druck- und Temperaturabhängigkeit und die elektrischen Eigenschaften dieser Erscheinungen bezogen, wurde als auffallende Erscheinung die Ablösbarkeit der Flamme von dem festen Reaktionsmetall festgestellt. Das wichtigste Arbeitsergebnis besteht nach Polanyi darin, daß es — im Gegensatz zu der üblichen Annahme — heterogene Reaktionen gibt, bei denen die Reaktionsvorgänge „energetisch von der Wand isoliert" ablaufen, derart, daß die gasförmigen Reaktionsprodukte aus der Reaktion im freien, nicht absorbierten Zustande hervorgehen.

Das Studium der heterogenen Reaktionsgleichgewichte zwischen Metallen, Metallverbindungen und Gasen im Chemischen Institut der Universität Münster, lieferte auch im Berichtsjahre eine Reihe wichtiger Ergebnisse. Die Arbeiten R. Schencks und seiner Mitarbeiter beschäftigten sich erneut mit der umstrittenen Frage der Aufnahmefähigkeit des festen metallischen Eisens für Sauerstoff bzw. Eisenoxyde[112]). Die Untersuchungen führten auf die Möglichkeit des Auftretens metastabiler fester Lösungen von Eisenoxydoxydul in Gebieten, in denen man nach der Zusammensetzung der Gasatmosphäre nach den älteren Anschauungen eine oxydische Phase nicht hätte erwarten dürfen. Die Ergebnisse gestatteten eine Korrektur des Eisen-Sauerstoffdiagrammes. Die Neigung zur Bildung der metastabilen Oxydulphase wird bei schwach gekupfertem oder nickellegiertem Eisen fast völlig unterdrückt und dadurch das Metall gegen die oxydierende Einwirkung von Kohlendioxyd weniger beeinflußbar gemacht. Eine weitere umfangreiche Arbeit [113]) studierte ganz systematisch den Einfluß fremder Oxyde auf die Eisengleichgewichte. Die Fähigkeit dieser Zusätze mit den Oxyden des Eisens Mischkristalle oder chemischer Verbindungen zu bilden, beeinflußt die Gleichgewichtslagen außerordentlich stark. Es gilt das z. B. für Manganoxydul, Aluminiumoxyd und Kalk, umgekehrt hat die Anwesenheit von Eisen und Eisenoxyden starken Einfluß

auf die Reduktion des Zinkoxydes zu Zinkdampf und es lassen sich die störenden Einflüsse theoretisch sehr gut übersehen.

Auch bei Nichteisenmetallen lassen sich durch anwesende fremde Oxyde die Gleichgewichtslagen der Oxydation-Reduktionsgleichgewichte stark verschieben und die Metalle unedler machen und aktivieren[114]). Diese Tatsachen sind von Bedeutung für die Theorie der gemischten Katalysatoren, welche Gasreaktionen zu beschleunigen gestatten.

Außer diesen Ergebnissen, über welche Veröffentlichungen vorgelegt werden konnten, sind noch weitere erhalten worden. Es wurden weitere eingehende Studien über das System Eisen-Sauerstoff durchgeführt und mit Hilfe von Methan-Wasserstoffgleichgewichten die Zustandsdiagramme der Chrom- und Wolframkarbide untersucht. Diese Arbeiten ebenso wie solche über die Beeinflussung der Eisengleichgewichte durch Chrom- und Titanoxyd stehen dicht vor dem Abschlusse.

Über die katalytischen Wirksamkeit von Mischkristallen im Vergleich zu der der Komponenten arbeitete auf Anregung von Prof. Grimm im Chemischen Institut der Universität Würzburg auch Herr Schaper. Die Messungen sind aber noch nicht abgeschlossen.

Zu E: Über feuerfeste Materialien

Die Deutsche Forschungsgemeinschaft hat in Anbetracht der Wichtigkeit, welche die keramischen Materialien zur Herstellung der Geräte für die Metallforschung besitzen, auch für diese Fragen wieder Mittel bereitgestellt.

Der Inhalt einer von Prof. R. Schwarz in Frankfurt a. M. veröffentlichten Arbeit[115]) läßt sich kurz, wie folgt, zusammenfassen: Das den hochfeuerfesten und zugleich gasdichten keramischen Werkstoffen zugrunde liegende System Kaolin-Tonerde-Feldspat wurde physikalisch, chemisch und kristallographisch verarbeitet. Es wurde ein Schmelzdiagramm aufgestellt, die lineare Ausdehnung zahlreicher Mischungen des Systems gemessen, die chemische Resistenz in Abhängigkeit von der Zusammensetzung ermittelt und durch optische Untersuchung an Dünnschliffen die Wechselwirkung der einzelnen Komponenten in mineralogischem Sinne untersucht. In analoger Weise wurde auch das System Kaolin-Zirkonoxyd-Feldspat bearbeitet.

In etwa anderer Richtung lagen die Arbeiten, welche im Institut für Gesteinshüttenkunde zu Aachen, Prof. H. Salmang ausführen ließ. Er konnte in Gemeinschaft mit H. Brors[116]) feststellen, daß Tiegel

aus hochfeuerfesten Oxyden sich durch 30 Minuten langes Brennen so verdichten ließen, daß sie von basischen metallurgischen Schlacken nicht mehr angegriffen werden. Dieser Brand wurde in einem Oberflächenverbrennungsofen vorgenommen, welcher mit vorgepreßtem Gas und Luft ohne Vorwärmung Temperaturen bis 2200° zu erreichen gestattete.

Bei einer Untersuchung über die Konstitution von Silikatschmelzen[117]) ergab sich, daß die Oxyde Kalk, Eisen- und Manganoxydul stark basisch, Magnesia-, Kalium- und Natriumoxyd fast reaktionsträge sind. Als Glas- und Schlackensäuren fungieren Eisenoxyd, Manganoxyd, Siliziumoxyd, Bortri- und Phosphorpentoxyd. Bei hohen Temperaturen reagieren also die Oxyde ganz anders als bei gewöhnlichen.

Die Weiterverfolgung der Untersuchungen über die Gase im Glas[118]) zeigte, daß optische Gläser erhebliche Gasmengen, vor allem Sauerstoff, aufnehmen. Er tritt bei der Vakuumschmelze aus sulfatfreiem Einsatz dann auf, wenn im Glas Oxyde mit mehreren Oxydationsstufen enthalten sind. Gase werden vom Glas aufgenommen, wenn eine unter den jeweiligen Bedingungen im Glase beständige Verbindung entstehen kann. Es gelang, in Eisenoxydul enthaltende Schmelzen Sauerstoff, in saure Natron-Kalk-Kieselsäureschmelzen Schwefeldioxyd und Sauerstoff, und ferner aus Schwefelwasserstoff Schwefel einzuführen.

Auch in dem Berichtsjahre 1929 ist also eine reiche Tätigkeit auf dem Metallforschungsgebiete entfaltet worden mit wichtigen Ergebnissen, welche den Einsatz der Mittel, mit denen die Deutsche Forschungsgemeinschaft die erfreuliche Entwicklung überhaupt erst ermöglichte, in vollem Umfange rechtfertigen.

Verzeichnis der Mitarbeiter

1. Bauer, O., Prof. Dr.-Ing., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
2. Berl, E., Prof. Dr., Chemisch-Technisches und Elektrochemisches Institut der Technischen Hochschule Darmstadt.
3. Dehlinger, U., Dr., Röntgenlaboratorium an der Technischen Hochschule Stuttgart.
4. Glocker, R., Prof. Dr., Stuttgart, Institut für Röntgentechnik der Technischen Hochschule.
5. Grube, G., Prof. Dr., Stuttgart, Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule.
6. Hansen, M., Dr., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
7. Karman, von, Prof. Dr., Aachen, Aerodynamisches Institut der Technischen Hochschule.
8. Kohlmeyer, Prof. Dr.-Ing., Berlin-Charlottenburg, Metallhüttenmännisches Laboratorium der Technischen Hochschule.
9. Körber, Fr., Prof. Dr., Düsseldorf, Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung.
10. Leroux, J. A. A., Dr., Schwäb.-Gmünd, Forschungsinstitut für Edelmetalle.
11. Meißner, W., Oberregierungsrat Dr., Berlin-Charlottenburg, Physikalisch-Technische Reichsanstalt.
12. Polanyi, M., Prof. Dr., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie.
13. Röntgen, P., Prof. Dr., Aachen, Institut für Metallhüttenwesen der Technischen Hochschule.
14. Roth, W. A., Prof. Dr., Braunschweig, Institut für physikalische Chemie und Elektrochemie der Technischen Hochschule.
15. Rummel, K., Dr., Düsseldorf, Wärmestelle des Vereins Deutscher Eisenhüttenleute.
16. Sachs, G., Dr.-Ing., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
17. Salmang, H., Prof. Dr.-Ing., Aachen, Institut für Gesteinshüttenkunde der Technischen Hochschule.
18. Sauerwald, F., Prof. Dr., Breslau, Institut für Eisenhüttenwesen der Technischen Hochschule.
19. Schenck, R., Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Münster i. W., Chemisches Institut der Universität.
20. Schiebold, E., Prof. Dr., Leipzig, Mineralogisches Institut der Universität.

21. Schmid, E., Dr., Berlin-Dahlem, Kaiser-Wilhelm-Institut für Metallforschung.
22. Schneiderhöhn, H., Prof. Dr., Freiburg i. Br., Mineralogisches Institut der Universität.
23. Schwarz, von, M., Prof. Dr., München, Technische Hochschule.
24. Seemann, H. J., Marburg, Physikalisches Institut der Universität.
25. Suhrmann, R., Breslau, Physikalisch-Chemisches Institut der Technischen Hochschule.
26. Tafel, W., Prof. Dr., Breslau, Institut für Eisenhüttenkunde der Technischen Hochschule.
27. Tammann, G., Geh. Reg.-Rat Prof. Dr., Göttingen, Institut für physikalische Chemie der Universität.
28. Thiel, A., Prof. Dr., Marburg (Lahn), Institut für physikalische Chemie der Universität.
29. Trautz, M., Prof. Dr., Heidelberg, Physiko-chemisches Institut der Universität.
30. Vogel, R., Prof. Dr., Göttingen, Institut für physikalische Chemie der Universität.
31. Weber, Fr., Dr., Düsseldorf, Kaiser-Wilhelm-Institut für Eisenforschung.

Verzeichnis der veröffentlichten Arbeiten

[1]) R. Schenck, Münster i. W.: Bericht über die bisherigen Ergebnisse der von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung. „Deutsche Forschung." Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Heft 3 (1928), 5—30.

[2]) R. Schenck, Münster i. W.: Bericht über die während des Jahres 1928 durchgeführten, von der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft unterstützten Gemeinschaftsarbeiten auf dem Gebiete der Metallforschung. „Deutsche Forschung." Aus der Arbeit der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft, Heft 15. (1930) S. 33.

[3]) Kotarô Honda, Sendai: Recent Progress in Japan in the Field of the Science of Metals. (Paper No. 658.)

[4]) W. Meißner, Berlin: Supraleitfähigkeit von Thorium. Naturwissenschaften, 17, Heft 21, 390.

[5]) W. Meißner, Berlin: Messungen mit Hilfe von flüssigem Helium V. Supraleitfähigkeit von Kupfersulfid. Phys. Zt. 30, 827.

[6]) W. Meißner und H. Scheffer, Berlin: Messungen mit Hilfe von flüssigem Helium IV. Phys. Zt. 30, 827.

[7]) H. J. Seemann, Marburg: Metallographische Strukturverwandtschaftslehre. Zt. f. techn. Physik 9, 238 (1928).

[8]) H. J. Seemann, Marburg: Magnetochemie der dia- und paramagnetischen Metalle und Legierungen. Zt. f. techn. Physik 10, 399 (1929).

[9]) H. J. Seemann und E. Vogt, Marburg: Überstruktur und magnetische Suszeptibilität im System Kupfer-Gold. Annalen der Physik 5, 976 (1929).

[10]) H. J. Seemann, Marburg: Der Einfluß allseitigen Druckes auf die metallische Leitfähigkeit in tiefer Temperatur (Kupfer). Phys. Zt. 30, 256 (1929).

[11]) H. J. Seemann, Marburg: Zur elektrischen Leitfähigkeit des Karborunds. Phys. Zt. 30, 143 (1929).

[12]) R. Glocker und H. Schreiber: Quantitative Spektralanalyse. Annalen d. Physik 85, 1089 (1928).

[13]) R. Glocker und H. Schreiber: Quantitative chemische Analyse mittels des Röntgenemissionsspektrums. Zt. f. Physik 58, 619 (1929).

[14]) F. Sauerwald, Breslau: Über die Dichte des flüssigen Goldes und flüssiger Gold-Kupfer- und Silber-Kupferlegierungen. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 181, 347 (1929).

[15]) W. Krause und F. Sauerwald: Die Oberflächenspannung von Gold-Zink, Gold-Kupfer, Silber-Kupfer- und Eisenlegierungen. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 181, 353 (1929).

[16]) F. Sauerwald und Th. Sperling: Über die Beeinflussung der Umwandlungspunkte von Eisen und Stahl durch Verformung. Zt. f. Physik 56, 544 (1929).

[17]) F. Sauerwald und R. Kraiczek: Über Mehrstoffsysteme mit Eisen II. Das System Chrom-Kohlenstoff. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 185, 193 (1929).

[18]) F. Weber und A. Müller, Düsseldorf: Über die Zweistoffsysteme Eisen-Bor und Eisen-Beryllium, mit einem Beitrag zur Kenntnis des Zweistoffsystems Eisen-Aluminium. Mitt. des K.-W.-I. f. Eisenforschung, Abhdl. 129, Bd. XI, Liefg. 12.

[19]) G. Grube und A. Burkhardt, Stuttgart: Die elektrische Leitfähigkeit, die Korrosion und die Vergütbarkeit der Kadmium-Zinklegierungen. Zt. f. Metallkunde 21, 231 (1929).

[20]) G. Grube: Die elektrische Leitfähigkeit und die Korrosion der Zink-Kadmium-Legierungen. A. d. Festschrift der T. H. Stuttgart, S. 140. Verlag Springer, Berlin.

[21]) G. Grube und A. Burkhardt: Die elektrische Leitfähigkeit, die thermische Ausdehnung und die Härte der Magnesium-Zink-Legierung. Zt. f. Elektrochem. 35, 315 (1929).

[22]) G. Grube und H. Grashoff: Die elektrische Leitfähigkeit, die thermische Ausdehnung und die Härte der Magnesium-Aluminium-Legierungen. Diss. Stuttgart (1929).
M. Hansen, Berlin: Die Löslichkeit von Kupfer in Silber. Zt. f. Metallkunde, 21, 181 (1929).

[23]) Frhr. v. Göler und G. Sachs, Berlin: Die Veredelung einer Aluminiumlegierung im Röntgenbild. Metallwirtschaft VIII, 671 (1929).

[24]) R. Karnop und G. Sachs, Berlin: Versuche über die Rekristallisation von Metallen II. Zt. f. Physik 52, 301 (1928).

[25]) Fr. Wever, Düsseldorf: Über den Einfluß der Elemente auf den Polymorphismus des Eisens. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen Gruppe E, Nr. 58.

[26]) R. Vogel, Göttingen: Über das System Kupfer-Sauerstoff. Zt. f. Metallkunde 21, 335 und 368 (1929).

[27]) U. Dehlinger, Stuttgart: Über den Einbau von Gasatomen in Kristallgitter. Zt. f. phys. Chem. Bd. 6, 127 (1929).

[28]) O. Bauer und M. Hansen, Berlin: Der Einfluß von dritten Metallen auf die Konstitution der Messinglegierungen, I. Der Einfluß von Blei. Zt. f. Metallkunde 21, 1 (1929).

[29]) O. Bauer und M. Hansen, Berlin: Der Einfluß von dritten Metallen auf die Konstitution der Messinglegierungen, II. Der Einfluß von Nickel. Zt. f. Metallkunde 21, 357 (1929).

[30]) R. Vogel, Göttingen: Über das ternäre System Fe-P-C.

[31]) Fr. Weber und H. Lange, Düsseldorf: Zur technischen Anwendung des Differentialeisenprüfers. Archiv f. Elektrotechnik XXII, 509 (1929).

[32]) Fr. Weber und H. Lange, Düsseldorf: Die magnetische Untersuchung

von Dynamo- und Transformatorenblechen mit dem Differentialeisenprüfer. Mitt. a. d. K.-W.-J. f. Eisenforschung, Düsseldorf, Bd. X, Liefg. 18.

[33]) R. Glocker und A. Reuß, Stuttgart: Strahlenschutzmessungen, Fortschritte auf dem Gebiete der Röntgenstrahlen. XL, 501 (1928).

[34]) G. Tammann, Göttingen: Die Entstehung der Gußstruktur. Zt. f. Metallkunde, Heft 9 (1929).

[35]) F. C. Nix und E. Schmid, Berlin: Über die Gußtextur von Metallen und Legierungen. Zt. f. Metallkunde, Heft 9 (1929).

[36]) F. C. Nix und E. Schmid, Berlin: Gefügeuntersuchungen an gegossenen Metallen und Legierungen. Metallwirtschaft VIII, 651 (1929).

[37]) G. Tammann, Göttingen: Die Abhängigkeit der Zahl der Kristallisationszentren von der Temperatur. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 181, 408 (1929).

[38]) Fr. Weber und W. E. Schmid, Düsseldorf: Beiträge zur Kenntnis der Textur kaltgeformter Metalle. Mitt. aus dem K.-W.-J. für Eisenforschung, Abhdl. 124, XI, Liefg. 7.

[39]) v. Göler und G. Sachs, Berlin: Walz- und Rekristallisationstextur regulär-flächenzentrierter Metalle, III, IV und V. Zt. f. Physik 56, 477, 485, 495 (1929).

[40]) E. Schmid und G. Wassermann: Über die Textur gezogener Magnesium- und Zinkdrähte. Naturwissenschaften 17, 312 (1929).

[41]) G. Tammann, Göttingen: Zur Theorie der Rekristallisation. Zt. f. anorg. u. allgem. Chemie 185, 1 (1930).

[42]) G. Tammann und K. L. Dreyer, Göttingen: Die Rekristallisation leicht schmelzender Stoffe und die des Eises. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 182, 289 (1928).

[43]) U. Dehlinger, Stuttgart: Zur Theorie der Rekristallisation reiner Metalle. Ann. d. Physik 5, 749 (1929).

[44]) v. Göler und G. Sachs, Berlin: Zugversuche an Kristallen aus Cu- und a-Messing. Zt. f. Physik 55, 581 (1929).

[45]) G. Sachs und W. Stenzel, Berlin: Die Dehnung von Blechen. Metallwirtschaft VIII, 547 (1929).

[46]) Siehe Literaturangabe unter 44.

[47]) Siehe Literaturangabe unter 44.

[48]) R. Karnop und G. Sachs: Das Fließen von Metallkristallen bei Torsion. Zt. f. Physik 53, 605 (1929).

[49]) M. Masima und G. Sachs: Dichte und Kaltverformung. Zt. f. Physik 54, 766 (1929).

[50]) M. Masima und G. Sachs: Wärmeeffekte bei der Dehnung von Messingkristallen. Zt. f. Physik 56, 394 (1929).

[51]) W. Boas und E. Schmid, Berlin: Über die Dehnung von Kadmiumkristallen. Zt. f. Phys. 54, 16 (1929).

[52]) W. Boas und E. Schmid, Berlin: Über die Temperaturabhängigkeit der Kristallplastizität. Zt. f. Physik 61, 767 (1930).

[53]) W. Boas und E. Schmid, Berlin: Über die Temperaturunabhängigkeit der kritischen Schubspannung von Kadmiumkristallen. Zt. f. Phys. 57, 575 (1929).

[54]) W. Boas und E. Schmid, Berlin: Bemerkungen zur Kristallplastizität. Zt. f. Phys. 56, 516 (1929).
[55]) E. Schmid und O. Vaupel, Berlin: Festigkeit und Plastizität von Steinsalzkristallen. Zt. f. Phys. 56, 308 (1929).
[56]) M. Polanyi und E. Schmid, Berlin: Zur Frage der Plastizität. Verformung bei tiefen Temperaturen. Naturwiss. 17, 301 (1929).
[57]) Goens, P.T.R., Berlin: Elastische Konstanten des einkristallinen Aluminiums und Goldes. Naturwiss. 17, 180.
[58]) F. Sauerwald und K. A. Pohle, Breslau: Über den Bruchvorgang in Eisen bei tiefen Temperaturen. Zt. f. Phys. 56, 576 (1929).
[59]) U. Dehlinger und R. Glocker, Stuttgart: Über die röntgenographische Unterscheidung zwischen mechanisch und galvanisch hergestellten Goldüberzügen. Zt. f. Metallkunde 21, 325 (1929).
[60]) W. Tafel, H. Hanemann und A. Schneider, Breslau: Rekristallisation nach dem Warmwalzen. Stahl und Eisen 1929, S. 7.
[61]) W. Tafel, Breslau: Rekristallisation nach dem Walzen von Kupfer. Zt. f. Metallkunde (1929).
[62]) W. Tafel, Breslau: Das Fließen der Metalle. Metallwirtschaft (1930).
[63]) W. Tafel, Breslau: Härtemessungen bei Fließfiguren. Stahl und Eisen (1929), S. 468.
[64]) Fr. Sauerwald, Breslau: Über die Kalt- und Warmverformung von austenitischem Nickelstahl und Transformatoreneisen. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 3, 1 (1929).
[65]) A. Pomp, E. Siebel und E. Houdremont, Düsseldorf: Über den Kraft- und Arbeitsbedarf bei Kaltziehen von Drähten. Mitt. a. d. K.-W.-I. f. Eisenforschung, Düsseldorf, Bd. XI, Liefg. 4.
[66]) E. Siebel und A. Pomp, Düsseldorf: Walzdruck und Walzarbeit beim Kaltwalzen von Metallen. Mitt. wie [65]) Bd. XI, Liefg. 4.
[67]) Fr. Sauerwald, Breslau: Die Warmverformung der Metalle, ihre Kennzeichnung und ihre Beziehungen zur Kaltverformung. Metallwirtschaft, VII, 1353 (1928).
[68]) Fr. Sauerwald, F. Rakoski und U. Schylla, Breslau: Über die Rücksprunghärte, die Fallhärte und ihre Abhängigkeit von der Temperatur. Metallwirtschaft VIII, 939 (1929).
[69]) B. Schmidt, Breslau: Über die Bestimmung der Orientierung von Kristallen mittels Lauediagramm und stereographischer Projektion. Zt. f. Phys. 58, 577 (1929).
[70]) Fr. Bollenrath, Aachen: Ultralumin. Jahrbuch der Wiss. Ges. f. Luftfahrt (1929).
[71]) Fr. Bollenrath, Aachen: Das Verhalten verschiedener Leichtmetall-Legierungen in der Wärme. Jahrbuch d. Wiss. Ges. f. Luftfahrt (1929).
[72]) E. Schiebold und G. Richter, Leipzig: Untersuchungen über die Fließkegeltextur. Mitt. d. deutschen Materialprüfungsanstalten, S. 81 (1929).
[73]) A. Cissarz, Freiburg: Die Metallverteilung in einem Profil des Mansfelder Kupferschiefers. Fortschritte der Mineralogie, Kristallographie und Petrographie, 14, 23 (1929).

[74]) H. Schneiderhöhn, Freiburg: Erzmikroskopische und spektrographische Untersuchung von platinführenden Nickelmagnetkiesgesteinen des Bushveld Igneous Complex (Transvaal). Chemie der Erde 4, 252 (1929).

[75]) H. Schneiderhöhn, Freiburg: Erzmikroskopische Untersuchung von Cooperit Pt (AsS_2), Stibiopalladinit Pd_3Sb und einem neuen Nickeleisenerz aus den platinführenden Nickelmagnetkiesgesteinen des Bushveld, Transvaal. Zentralblatt f. Min. usw. A, 6, 193 (1929).

[76]) O. Zedlitz, Freiburg: Trachtstudien an Kupferlasurkristallen verschiedener Paragenesen der Tsuneb-Mine. Diss. Leipzig (1929).

[77]) H. Schneiderhöhn, Freiburg: Ein neues Photometerokular zur Messung des Reflexionsvermögens in Erzanschliffen. Zentralblatt f. Min. usw. A, 11, 394 (1928).

[78]) H. Schneiderhöhn, Freiburg: Bericht über neuere Verfahren zur Messung von Korngrößen. Metall und Erz (1929), Heft 8.

[79]) H. Moritz, Freiburg: Eine Vorrichtung zum Ausbohren analysenreiner Mineralteilchen aus Anschliffen unter dem Erzmikroskop. Zentralblatt f. Min. usw. A, 7, 251 (1929).

[80]) H. Schneiderhöhn, Freiburg: Mikroskopische Zusammensetzung und Gefüge verschieden vorbehandelter Thomasschlacken und ihre Beziehungen zur Zitronensäurelöslichkeit. Mitt. a. d. K.-W.-J. f. Eisenforschung, Düsseldorf, Bd. X, 11.

[81]) Feiser, Berlin: Über die Flüchtigkeit der Oxyde von Blei, Kadmium, Zink und Zinn. Metall und Erz XXVI, 269 (1929).

[82]) P. Röntgen, Aachen: Untersuchungen über den Einfluß von Stromdichte und Temperatur auf die technische Zinkelektrolyse. Metall und Erz XXVI, 617 (1929).

[83]) W. A. Roth, Braunschweig: Beiträge zur Thermochemie des Eisens, Mangans und Nickels. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 3, Heft 5 (1929) und 4, Heft 2, 87 (1930).

[84]) W. A. Roth, Braunschweig: Zur Thermochemie des Eisens, Mangans und Nickels. Zt. f. angew. Ch. 42, 981 (1929).

[85]) R. Grau und W. A. Roth: Zur physikal. Chemie des Schwefelsäureanhydrids. Zt. f. anorg. u. allgem. Chemie 188, 173 (1930).

[86]) W. A. Roth und W. Bertram, Braunschweig: Messung der spezifischen Wärmen von metallurgisch wichtigen Stoffen in einem größeren Temperaturintervall mit Hilfe von zwei neuen Kalorimetertypen. Zt. f. Elektrochem. 35, 297 (1929).

[87]) W. A. Roth und C. Eymann, Braunschweig: Beiträge zur kalorimetrischen Methodik und der Frage der Allotropie an der Hand von Lösungswärmen des Kaliumnitrats und -chlorids. Zt. f. phys. Ch. A, 143, 321 (1929).

[88]) W. A. Roth, Braunschweig: Thermische Revisionen I. Zt. f. phys. Ch. A, 144, 253 (1929) und Revisionen II. Zt. f. physik. Ch. A 145, 461 (1929).

[89]) W. A. Roth: Zur Thermochemie des Chlors usw. Zt. f. physik. Ch. A, 145, 289 (1929).

[90]) G. Naeser: Ein Pyrometer zur Temperaturmessung durch Farbumschlag. Stahl und Eisen 49, 464 (1929).

91) Fr. Kofler, Düsseldorf: Großversuche an einer zu Studienzwecken gebauten Regenerativkammer. Stahl und Eisen 3, 295 (1929).

92) K. Rummel und A. Schack, Düsseldorf. Die Berechnung von Regeneratoren. Stahl und Eisen (1929), Heft 36.

93) W. Tafel, Breslau: Gitterung der Kammern von Regenerativöfen. Stahl und Eisen (1929), S. 355.

94) W. Tafel, Breslau: Kohlenstaubfeuerungen. Kohle u. Erz (1929), S. 307.

95) P. Dickens und G. Thanheiser, Düsseldorf: Die Anwendung der potentiometrischen Maßanalyse im Eisenhüttenlaboratorium, insbesondere zur Bestimmung von Mangan, Chrom und Vanadin nebeneinander. Archiv f. d. Eisenhüttenwesen 3 (1929), Gruppe E Nr. 82.

96) M. Trautz und W. Badstübner, Heidelberg: Die Dampfdrucke und Verdampfungswärmen des Eisenpentacarbonyls $Fe(CO)_5$. Zt. f. Elektrochem. (1929), Heft 10, 799.

97) M. Trautz und K. Kipphan, Heidelberg: Quantitative Analysenmethoden für hochprozentige Gase; 3. Stickstoff, Sauerstoff, Edelgas in Stickstoff. Zt. f. anal. Chem. 78, 350 (1929).

98) M. Trautz, E. Leonhardt und H. Scheuermann, Heidelberg: Quantitative Anlaysenmethoden für hochprozentige Gase; 1. Bestimmung von Kohlendioxyd, Sauerstoff und Edelgasen in Kohlendioxyd. Zt. f. anal. Chem. 78, 341 (1929).

99) M. Trautz, E. Leonhardt und K. Kipphan, Heidelberg: Wasserstoff-, Sauerstoff-, Stickstoff- und Edelgasbestimmung in Wasserstoff. Zt. f. anal. Chem. 78, 401 (1929).

100) M. Trautz, Heidelberg: Die Reibung, Wärmeleitung und Diffusion in Gasmischungen. V. Sitzungsbericht d. Heidelberger Akademie d. Wiss. (1929), 12. Abhdlg.

101) M. Trautz und P. B. Baumann, Heidelberg: II. Die Reibung von H_2N_2- und H_2-CO-Gemischen. Ann. d. Phys. 5, 733 (1929).

102) M. Trautz und F. W. Stauf, Heidelberg: III. Die Reibung von H_2-C_2-H_4-Gemischen. Ann. d. Phys. 5, 737 (1929).

103) M. Trautz und K. F. Kipphan, Heidelberg: IV. Die Reibung binärer und ternärer Edelgasgemische. Ann. d. Phys. 5, 743 (1929).

104) M. Trautz und W. Ludewigs, Heidelberg: VI. Reibungsbestimmung an reinen Gasen durch direkte Messung und durch solche an ihren Gemischen. Ann. d. Phys. 5, 409 (1929).

105) E. Baars, Marburg: Die Überspannung bei elektrolytischer Bildung des Wasserstoffs. Sitzungsber. d. Ges. z. Beförderung der gesamten Naturwiss. zu Marburg 63, 214 (1928).

106) R. Glauner, Stuttgart: Über die Lösungsgeschwindigkeit des Kupfers. Zt. f. phys. Chem. A, 142, 67 (1929).

107) E. Berl, Staudinger und Plagge, Darmstadt: Untersuchungen über die Einwirkung von Laugen und verschiedenen Salzen auf Eisen (1. Teil). V. D. I., Bachheft (1927).

108) E. Berl und Staudinger: Über die Entkieselung von kieselsäurehaltigen Wässern. V. D. I., Bd. 71, 1654 (1927).

109) E. Berl und F. von Taack: Über die Schutzwirkung von Natriumsulfat bei der Einwirkung von Laugen und Salzen auf Flußeisen unter Hochdruck. V. D. J. 9, 6 (1928).

110) J. Mathar, Aachen: Beitrag zur Frage der Beplankung von Flugzeugen. Jahrbuch d. W. G. L. (1929).

111) L. Frommer und M. Polanyi, Berlin: Über ein Gasraumleuchten bei einer heterogenen Reaktion. Zt. f. phys. Chem. 137, 201 (1928).

112) R. Schenck, Th. Dingmann, P. H. Kirscht und H. Wesselkock, Münster (Westf.): Gleichgewichtsuntersuchungen über die Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsvorgänge beim Eisen. VIII. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 182, 97 (1929).

113) R. Schenck, H. Franz und H. Willeke, Münster (Westf.): Gleichgewichtsuntersuchungen über die Reduktions-, Oxydations- und Kohlungsvorgänge beim Eisen. IX. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 184, 1 (1929).

114) R. Schenck und H. Wesselkock, Münster (Westf.): Über die Aktivierung der Metalle durch fremde Zusätze. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 184, 39 (1929).

115) R. Schwarz und E. Reidt, Frankfurt a. M.: Zur Kenntnis hochschmelzender keramischer Massen. Eine Untersuchung über die Systeme Kaolin-Tonerde-Feldspat und Kaolin-Zirkondioxyd-Feldspat. Zt. f. anorg. und allgem. Chem. 182, 1 (1929).

116) H. Brors, Aachen: Über die Verdichtung hochfeuerfester Oxyde und über Hochtemperaturöfen mit oxydierender Atmosphäre. Diss. Aachen (1929).

117) H. Salmang, Aachen: Über die Konstitution von Silikatschmelzen. Glastechn. Ber. VII, 277 (1929).

118) A. Becker und H. Salmang, Aachen: Die Gase im Glas III. Glastechn. Ber. VII, 241 (1929).

Das Element Rhenium

Von Dr. Ida Noddack und Regierungsrat Dr. Walter Noddack

Unter den stabilen, chemischen Elementen des periodischen Systems vom Wasserstoff bis zum Uran dürften die beiden mit den Ordnungszahlen 43 und 75, das Masurium und das Rhenium, die seltensten sein. Sie hatten sich daher bis vor wenigen Jahren allen Nachforschungen entzogen, obwohl es nicht an zahlreichen Versuchen gefehlt hat, sie aufzufinden. Als wir 1925 gemeinsam mit O. Berg die Entdeckung dieser beiden Elemente bekanntgaben[1]), setzte bald eine lebhafte Diskussion mit anderen Forschern ein. Diese Kontroverse äußerte sich zum Teil darin, daß man uns den Nachweis der Elemente abstritt, zum Teil darin, daß man sie in anderen leicht zugänglichen Mineralien in reichlicher Menge und mit anderen Eigenschaften gefunden haben wollte. Seit jener Zeit hat der eine dieser Grundstoffe, das Rhenium, eine so schnelle Entwicklung durchgemacht, daß es sich heute, da seine Entdeckungsgeschichte abgeschlossen ist, vielleicht lohnt, einen Rückblick auf den Werdegang des merkwürdigen Elements zu tun.

Wenn in der kurzen Zeit von fünf Jahren aus einem in seiner Existenz umstrittenen, äußerst schwer nachweisbaren Element ein technisches Produkt werden konnte, das allen physikalischen und chemischen Messungen zugänglich ist, das man im Handel in fast beliebiger Menge zu einem relativ zu seiner Seltenheit niedrigen Preise erwerben kann, so gebührt der Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft ein großes Verdienst an dieser Entwicklung. Ihre Unterstützung setzte gerade zu dem Zeitpunkte ein, als für uns die Möglichkeit zur weiteren Erforschung des Rheniums aus Mineralmangel zu schwinden drohte. Da sich die Hilfe der Notgemeinschaft besonders auf die Beschaffung von Mineralien und die dazu notwendigen Studienreisen bezog, wollen wir an dieser Stelle auf die Mineralbeschaffung besonders eingehen.

Den ersten Nachweis des Rheniums glauben wir 1922 auf rein

[1]) Sitzungsbericht der Preuß. Akad. d. Wiss. 19. 400 (1925); Naturwissenschaften 13. 567 (1925).

chemischem Wege an einem Präparat aus russischem Platinerz geführt zu haben. Da aber die erhaltene, sehr kleine Menge flüchtigen Oxydes bei den folgenden Versuchen verlorenging und weitere Platinerze in der damaligen Zeit nicht zu beschaffen waren, wandten wir unsere Aufmerksamkeit andern Mineralien zu.

Zu denjenigen Mineralien, in denen in kleiner Menge nahezu alle Elemente vorkommen, gehören die sogenannten Erdenmineralien wie Gadolinit und Kolumbit, die wir deswegen vorzugsweise auswählten. Wir hatten uns von den vermutlichen analytisch-chemischen Eigenschaften des Elements 75, des jetzigen Rheniums, eine möglichst genaue Vorstellung auf Grund der Eigenschaften seiner Nachbarn im periodischen System gemacht und begannen nun, auf diese Prognose hin zahlreiche Mineralien nach dem gesuchten Element zu durchforschen. Da man erwarten konnte, daß das Element 75 so selten wäre, daß es sich jedem direkten Nachweis entziehen würde, mußten die Mineralien weitgehend auf Rhenium hin angereichert werden. Zu diesem Zweck wurden sie in Mengen von etwa 1 kg chemisch aufgeschlossen; alle Hauptbestandteile wurden aus der Lösung entfernt, und dann wurden in oft mühsamer Arbeit kleine Endpräparate von wenigen Milligrammen hergestellt, in denen nach unserer Ansicht das Rhenium angesammelt sein mußte. In diesen Präparaten versuchten wir es anfangs chemisch, später röntgenspektroskopisch nachzuweisen. Die Versuche erstreckten sich über etwa drei Jahre. Es gelang dann, in einigen Fällen mehrere deutliche Linien der L-Serie des Elements 75 zu erhalten, wovon wir in der obengenannten Publikation Mitteilung machten.

Damit war für uns der Existenzbeweis des gesuchten Elements erbracht. Aber eine weitere Anreicherung oder gar Reindarstellung des Rheniums war wegen der geringen Endmengen — die gewonnenen Präparate enthielten im besten Fall 0,01 mg Rhenium — unmöglich.

Die Hauptschwierigkeit lag in der Beschaffung definierter Mineralien. Wir bezogen damals das Material für unsere Untersuchungen von Mineralienhändlern des In- und Auslandes. Hatten wir einmal aus einer kleinen Menge eines Minerals, z. B. Gadolinit, eine Spur Rhenium so weit angereichert, daß es erkennbar war, so lieferte die Aufarbeitung einer größeren Nachbestellung desselben Minerals fast stets ein negatives Resultat. Die eingehende, chemische Untersuchung der Mineralien zeigte dann häufig, daß selbst die einzelnen Stücke einer Sendung heterogene Zusammensetzung hatten. So kamen

wir unserem Ziele, der Isolierung des Rheniums, kaum näher. Eine Besserung der Arbeitsmöglichkeit war nur zu erwarten, wenn wir die Mineralien an ihren Fundorten selbst sammeln und durch systematische Untersuchungen Einblick in die noch völlig ungeklärte Verteilung des äußerst seltenen Rheniums gewinnen konnten. Da es sich damals vor allem um Erdenmineralien handelte. deren nächstgelegene größere Vorkommen in Norwegen zu finden sind, beschlossen wir, diese Fundstellen zu durchforschen. Die Mittel für eine solche Studienreise und den Ankauf größerer Mineralmengen gewährte uns die Notgemeinschaft der Deutschen Wissenschaft zum ersten Male im Herbst 1926.

Die Erdenmineralien der norwegischen Pegmatitgänge werden fast nie ihrer selbst wegen gewonnen, da sie keine technische Bedeutung mehr haben und meist nur geringen Sammelwert besitzen. Sie werden als zufällige Beimengung beim Abbruch des Feldspats ausgelesen. Die große Zeit für die Sammler von Erdenmineralien war in den Jahren um 1900, als zur Herstellung der ersten Radiummengen viele 100 kg uranhaltiger Mineralien in Norwegen gesucht wurden, dann wiederum, als die Verwendung der Erden für Glühstrümpfe aufkam. Seit aber diese beiden Industriezweige sich anderen, billigeren Ausgangsmaterialien zugewandt haben, besteht für die Norweger kaum noch ein Anreiz zum Sammeln der Erdenmineralien. Hinzu kommt, daß der Feldspatexport nach dem Kriege stark zurückgegangen ist und ferner, daß ein Feldspat, der größere Erdenmengen enthält, für die Porzellanfabrikation unbrauchbar ist, sodaß erdenreiche Feldspate überhaupt nicht gebrochen werden.

Die meisten Feldspatgruben befinden sich in den Händen kleiner Besitzer oder Bauern, die den Abbau nur gelegentlich betreiben. Die dabei gesammelten Mineralien liegen oft jahrelang bei ihren Findern, ehe ein Aufkäufer kommt. Die Händler mischen die Mineralien gleicher Art von verschiedenen Fundorten und dadurch entstanden bei uns anfänglich — wie wir heute wissen — die verwirrenden und einander widersprechenden Resultate in bezug auf den Rheniumgehalt.

Wenn man in Norwegen definierte Mineralien sammeln will, muß man das Land durchwandern und auf den einzelnen Höfen nach gesammeltem Material fragen oder die Gruben selbst aufsuchen und dort die Mineralien aus den Wänden und aus bereits gebrochenem Feldspat herausklopfen.

Bei unserer ersten Studienreise im Herbst 1926 kam es uns darauf an, kleine Mengen von möglichst vielen Vorkommen mit genauer

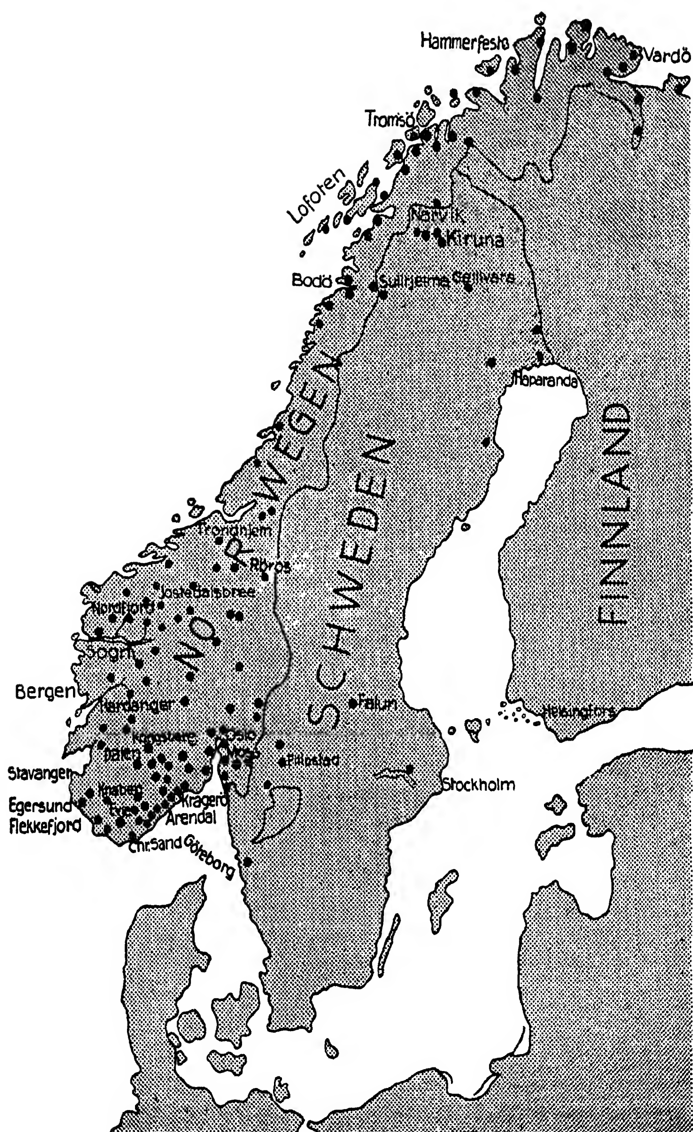


Abb. 1. Auf Rhenium untersuchte Mineralvorkommen in Skandinavien

Kenntnis des Fundortes zu erhalten. Die Mineralien reicherten wir dann in Berlin im Chemischen Laboratorium der Physikalisch-Technischen Reichsanstalt auf Rhenium hin an. Schon diese erste kurze Reise brachte den Erfolg, daß sich unter etwa 60 Mineralien ein Gadolinit herausfinden ließ, der den ungewöhnlich hohen Gehalt von 10^{-6} Rhenium hatte. Durch Nachbestellung dieses Gadolinits erhielten wir genügend Material, aus dem wir zum erstenmal 2 mg des seltenen Elementes rein darstellen konnten[1]). Mit dieser Menge vermochten wir einige analytisch wichtige Reaktionen des Rheniums festzustellen und waren dadurch in der Lage, das Element nunmehr aus jedem rheniumhaltigen Mineral anzureichern und rein zu gewinnen, sofern wir genügend große Ausgangsmengen hatten.

Da wir nun von Norwegen fortlaufend Mineralproben erhielten, konnten wir auf einer zweiten Reise im Sommer 1927 mehrere 100 kg Mineralien — vor allem Gadolinite und Alvite — von Fundorten, die wir bereits untersucht hatten, sammeln und kaufen. Es hatte sich gezeigt, daß der Rheniumgehalt der Gadolinite dem Gehalt an schwach basischen Erden parallel geht. Wir nahmen deswegen einige Reagenzien und Gerätschaften mit nach Norwegen und führten die ersten orientierenden Prüfungen an Ort und Stelle aus.

Das chemische Verhalten seiner Verbindungen machte es wahrscheinlich, daß das Rhenium auch in sulfidischen Mineralien anzutreffen sein würde. Wir dehnten daher unsere Untersuchungen auf Sulfide, besonders Eisen-, Kupfer- und Molybdänerze, aus. Es zeigte sich, daß in der Tat manche Magnet- und Kupferkiese kleine Mengen Rhenium enthalten, vor allem aber, daß wir im Molybdänglanz das typische rheniumhaltige Erz gefaßt hatten. Von 60 im Laufe der letzten drei Jahre untersuchten Molybdänglanzen erwiesen sich alle als rheniumhaltig. Die Rheniumkonzentration schwankte zwischen 10^{-5} und 10^{-7}. Dieses Mineral besitzt vor Gadoliniten, Kolumbiten und Alviten den Vorzug, daß es technisch verarbeitet wird und daher in nahezu beliebiger Menge erreichbar ist.

Aus den 1927 gesammelten Gadoliniten und Alviten und aus Molybdänglanz konnten wir bis zum Ende des Jahres etwa 120 mg Rhenium rein darstellen. Diese Menge genügte für eine Reihe von Untersuchungen physikalischer und chemischer Art[2]). Wir konnten das

[1]) J. und W. Noddack, Darstellung und einige chemische Eigenschaften des Rheniums, Ztschr. f. physik. Chemie 125. 264/74 (1927).

[2]) W. Noddack, Beiträge zur Chemie des Rheniums, Ztschr. f. Elektro-

Rheniummetall schmelzen und seine Dichte bestimmen, seine spezifische Wärme messen und die „letzten Linien" seines optischen Spektrums festlegen. Diese optischen Linien stellen den empfindlichsten Nachweis des Rheniums dar, denn sie gestatten ein Erkennen des Elementes noch bei einer Konzentration von 10^{-7}; sie haben also gegenüber dem Röntgenspektrum eine Überlegenheit von mehr als 3 Zehnerpotenzen. Wir führten mit den ersten 120 mg eine vorläufige Bestimmung des Atomgewichtes des Rheniums aus, und zwar, indem wir das Verhältnis ReS_2: Re ermittelten. Auch waren wir nunmehr in der Lage, anderen Forschern kleine Mengen Rhenium für physikalische Untersuchungen abzugeben.

Nach der Bekanntgabe der angeführten Resultate vereinbarte die Firma Siemens & Halske mit uns, daß wir auf ihre Kosten 1 g Rhenium herstellen sollten; das Metall sollte Eigentum der Firma sein und uns für wissenschaftliche Untersuchungen zur Verfügung stehen. Wir gewannen daraufhin im Frühjahr und Sommer 1928 aus 660 kg ausgesuchter Stücke norwegischen Molybdänglanzes 1,04 g Rheniummetall[1]).

In der ersten Hälfte des Jahres 1929 konnten wir mit Unterstützung der Notgemeinschaft aus großen Mengen Molybdänglanz und Magnetkies weitere 1,7 g Rhenium gewinnen, sodaß wir nun insgesamt zirka 3 g besaßen. Diese Menge genügte, um nahezu alle physikalischen und chemischen Untersuchungen an dem neuen Element durchzuführen. — Wir preßten und sinterten Stäbe aus Rhenium, schmolzen das Metall im Lichtbogen und bestimmten an Stücken von kompaktem Rhenium die ungefähre Lage des Schmelzpunktes, ferner die elektrische Leitfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen. Biegsame Rheniumdrähte gewannen wir, indem wir Rheniummetall aus einer Rheniumchloridatmosphäre an einer glühenden Platinseele anwachsen ließen. Wir stellten weiterhin eine Anzahl neuer Rheniumverbindungen her und analysierten sie.

Auf unseren ersten Studienreisen nach Skandinavien besuchten wir die bekannten Fundorte für Mineralien in Südnorwegen bei Arendal, in Setesdalen, auf Hitteroe und bei Moß. Später dehnten wir die Untersuchungen immer mehr nach Norden aus, da sich die als rhenium-

---

chemie 34. 627 (1928). — J. Noddack, Über einige physikalische Konstanten des Rheniums, ebenda S. 629.

[1]) J. und W. Noddack, Die Herstellung von einem Gramm Rhenium, Ztschr. f. anorgan. und allgem. Chemie 183. 353 (1929).

haltig erkannten Sulfide von Eisen, Kupfer und Molybdän über ganz Norwegen verteilt finden. Die gesammelten Mineralien gestatteten — wie schon erwähnt — eine für wissenschaftliche Arbeiten genügende Menge Rhenium zu gewinnen, offen blieb aber die Frage nach der Verteilung dieses Elements in der Erdrinde. Zu ihrer Beantwortung mußten möglichst viele, häufige Erze und Gesteine verschiedener Vorkommen untersucht werden. Deshalb entnahmen wir aus den Gebirgen Norwegens, Schwedens und Finnlands Durchschnittsproben solcher Gesteine. In Abb. 1 sind diejenigen Orte durch schwarze Punkte gekennzeichnet, von denen wir Mineralien untersuchten.
Es wurden an etwa 130 Orten zirka 2600 Mineralien gesammelt, von denen wir etwa 1000 bisher aus Rhenium untersucht haben.

Der Wert des durch die vielen Analysen gesammelten Materials beschränkt sich nicht darauf, daß wir nun bereits eine recht gute Kenntnis von der Verbreitung und Häufigkeit des Rheniums besitzen; bei den oft weitgehenden und langwierigen Aufarbeitungen der Mineralien tauchten zahlreiche andere seltene Elemente auf, so daß wir gleichzeitig mit der Verteilung des Rheniums in der Erdrinde auch die vieler anderer Metalle kennenlernten[1]).

Das Aufsuchen und Sammeln der Mineralien wurde uns außerordentlich erleichtert durch das freundliche und verständnisvolle Entgegenkommen, das wir in allen skandinavischen Kreisen, an den Hochschulen, bei den Direktionen der Grubengesellschaften und bei den Besitzern der kleinen Gruben, den Bauern und Fischern, fanden. Es fehlt uns hier der Platz, allen denen einzeln zu danken, die uns mit Rat und Tat halfen und uns oft tagelang ihre Zeit opferten.

Natürlich haben wir unsere Untersuchungen nicht auf die skandinavischen Mineralien beschränkt. Durch Kauf oder Tausch und als Geschenke erhielten wir zahlreiche Mineralien aus allen Gegenden der Erde. Im Laufe von fünf Jahren wurden etwa 600 Mineralien (außer den genannten 1000 skandinavischen) auf ihren Rheniumgehalt geprüft, anfangs in der Hoffnung, ein rheniumreicheres Material zu finden als bisher. Später, als wir erkannt hatten, daß die Existenz eines derartigen Minerals außerordentlich unwahrscheinlich ist, führten wir die Analysen aus, um die Verteilung und Häufigkeit des Rheniums in der Erdrinde festzustellen. Aus diesem Grunde untersuchten wir auch zahlreiche, häufige Eruptiv- und Sediment-

[1]) Vergleiche I. und W. Noddack, Die Häufigkeit der chem. Elemente, Die Naturwissenschaften 18. 757/64 (1930).

gesteine, Gletschertone und -lehme, bei denen wir sicher waren, daß das Rhenium in ihnen nur in äußerst kleiner Konzentration vorkommen könnte.

Nachdem wir so ein Bild von der Verteilung des Rheniums auf der Erdoberfläche gewonnen hatten, tauchte die Frage auf, ob das Element auch außerirdisch nachzuweisen wäre oder — allgemeiner gesagt — welchen Anteil es am Aufbau der Welt habe. Zur Beantwortung dieser Frage sind zwei Wege gangbar, einerseits die spektralanalytische Untersuchung der Sterne, andererseits die chemische Analyse der Meteoriten.

Wir wählten den zweiten Weg und konnten durch Untersuchung von Eisen- und Steinmeteoriten feststellen, daß viele dieser kleinen Weltkörper geringe Mengen Rhenium enthalten.

Überblickt man das gesamte, analytische Material, so zeigt sich, daß das Rhenium zu den seltensten Elementen der Welt gehört. Aus den Meteoranalysen ergab sich seine Häufigkeit im Sonnensystem zu $5 \cdot 10^{-10}$; d. h. in 2 Tonnen Materie ist 1 mg Rhenium enthalten. In der absoluten Seltenheit wird das Rhenium nur noch von den kurzlebigen Radioelementen übertroffen. In der Erdrinde hat das Rhenium eine Konzentration von 10^{-9}. Es ist in oxydischen und sulfidischen Mineralien sehr verbreitet, aber selten steigt seine Konzentration in einem Mineral auf 10^{-6} und nur in 2 oder 3 Fällen ließ sich bisher 10^{-5} Rhenium nachweisen. In keinem Mineral bildet das Element einen Hauptbestandteil.

Es ist daher nicht merkwürdig, daß es früher bei keiner noch so exakten Mineralanalyse auftauchte. Nur durch die kombinierte Anwendung von chemischer Anreicherung und Röntgenspektralanalyse auf Hunderte von Mineralien konnte es überhaupt gefunden werden.

Nach der Gewinnung der ersten 3 g Rhenium schien die Herstellung weiterer Mengen unzweckmäßig; es lohnte sich nicht, noch mehr von dem Element mit einem so großen Aufwand an Arbeit und Kosten zu gewinnen. Daher blieb es vielen Forschern leider jahrelang unzugänglich. Die einzige Hoffnung für eine Entwicklung der Rheniumgewinnung war die, daß man eines Tages ein technisches Produkt finden würde, in dem eine bedeutende Anreicherung des Rheniums gegenüber seinem natürlichen Vorkommen stattgefunden hätte und das bereits technisch ausgenutzt würde, so daß eine Änderung des Aufbereitungsganges zu einer Gewinnung des Rheniums in größerer Menge führen könnte. Wir untersuchten daher seit längerer Zeit

Hüttenzwischenprodukte, Abfälle und Anodenschlämme, die wir selbst sammelten oder die uns als möglicherweise rheniumhaltig eingesandt wurden. Diese Arbeiten waren lange erfolglos, bis im Herbst 1929 der Zeitpunkt kam, von dem an eine technische Herstellung des Rheniums möglich wurde. Auf Wunsch von Herrn Generaldirektor Dr. Feit untersuchten wir ein kleines Präparat, das er auf langem Wege aus einem technischen Produkt gewonnen hatte und in dem er das Rhenium — nach unseren Angaben über seine chemischen Eigenschaften — angereichert haben mußte, wenn das Ausgangsmaterial dieses Element überhaupt enthielt. Im Sulfidniederschlag dieses Präparates wiesen wir einen Gehalt von 1,5% Rhenium nach. Die nun folgende, eingehende Untersuchung aller Ausgangs- und Zwischenprodukte zeigte bald, daß hier eine Möglichkeit zur Gewinnung von Rhenium vorlag, wie man sie bisher nicht geahnt hatte. Das Ausgangsmaterial hatte alle gewünschten Eigenschaften, es war in großer Menge erhältlich, wurde technisch aufgearbeitet und besaß einen Rheniumgehalt von $5 . 10^{-6}$, d. h. fünfmal mehr als die besten bekannten Mineralien.

Dank dem energischen Vorgehen Dr. Feits[1]) konnten schon in wenigen Wochen einige 100 g Rhenium als reines Kaliumperrhenat gewonnen werden, und seitdem sind viele Kilogramm des Salzes und neuerdings auch Rheniummetall hergestellt und verkauft worden, so daß jetzt bereits viele Forscher mit dem jungen Element arbeiten.

Entsprechend der Verbesserung der Fabrikationsmethoden ging auch der Preis für das Rhenium herunter. Wenn man bedenkt, daß 1927 die Abscheidung der ersten Milligramme viele 1000 RM. kostete, daß 1928 das erste Gramm für Mineralien und Chemikalien fast 30 000 RM. erforderte, und daß der jetzige Preis für metallisches Rhenium etwa 13 RM. pro Gramm ist, so mutet der Preissturz grotesk an. Dabei ist das Rhenium nicht etwa häufiger, als unsere Schätzungen aus den Mineralien ergeben hatten.

Wir wollen uns nun den Eigenschaften des Rheniums zuwenden. Auf seine große Seltenheit haben wir schon wiederholt hingewiesen. In seinem geochemischen Verhalten steht es zwischen dem Molybdän und dem Osmium. Die Hauptkonzentrationsstellen des Rheniums an der Erdoberfläche sind einige Platinerze und vor allem die Molybdänglanze. Erheblich weniger enthalten die sulfidischen Vorkommen

[1]) Vgl. W. Feit, Über die technische Herstellung des Rheniums, Ztschr. f. angew. Chemie 43. 459 (1930).

des Eisens, Nickels und Kupfers. In den meisten oxydischen Mineralien findet man Rhenium in äußerst kleiner Konzentration (etwa 10^{-9}); nur in einigen Produkten der Restkristallisation, in manchen Gadoliniten, Alviten und Kolumbiten, steigt der Gehalt auf 10^{-6} bis 10^{-5}. Es ist uns kein Mineral bekannt, das mehr als $2 . 10^{-5}$ des Elementes enthät.

Das elementare Rhenium entsteht durch Reduktion seiner Oxyde, Sulfide und Salze im Wasserstoffstrom. Es bildet dann ein feines graues oder schwarzes Pulver. Das pulverförmige Metall läßt sich pressen, sintern und mit Hilfe des elektrischen Stromes schmelzen. Auch im Lichtbogen konnte Rhenium zu Stücken geschmolzen werden. Die Dichte des geschmolzenen Metalls ist 21,1, seine Kristallstruktur hexagonal dichteste Kugelpackung. Die erschmolzenen Rheniumstücke sind sehr hart und an polierten Flächen von silberhellem Glanz, der sich längere Zeit hält. Der Schmelzpunkt des Rheniums liegt sehr hoch, über 3400° absolut. Die spezifische Wärme wurde zu 0,0346 bestimmt. Rhenium läßt sich mit zahlreichen andern Metallen, wie Gold, Platin, Tantal, Wolfram und Eisen, legieren. Bekannt sind von dem Element das optische Spektrum, im Gebiete der Röntgenstrahlen die L-Serie und die Hauptlinien der M-Serie. An Rheniumdrähten wurde seine elektrische Leitfähigkeit bei verschiedenen Temperaturen gemessen. Das Atomgewicht des Rheniums bestimmten wir 1928 an einer sehr kleinen Menge provisorisch zu 188,7, neuerdings wurde es von Hönigschmid[1]) genauer zu 186,31 bestimmt. Über die Isotopen-Zusammensetzung ist noch nichts bekannt.

Als Element der siebenten Gruppe des periodischen Systems kann das Rhenium sieben Wertigkeitsstufen betätigen. Von den Sauerstoffverbindungen[2]) ist die interessanteste das Rheniumheptoxyd Re_2O_7. Dieses Oxyd entsteht z. B. beim Verbrennen von Rheniummetall in Sauerstoff als farbloses Gas, das sich bei 350° zu einer gelben Flüssigkeit verdichtet. Bei 220° erstarrt es zu gelben, stark lichtbrechenden Kristallen, die meist sechseckige Tafeln, zuweilen Nadeln bilden. Rheniumheptoxyd löst sich sehr leicht unter starker Erwärmung in Wasser und in Alkohol. Die wäßrige Lösung des Oxyds reagiert

[1]) O. Hönigschmid und R. Sachtleben, Revision des Atomgewichtes des Rheniums, Analyse des Silberperrhenats. Ztschr. f. anorg. und allgem. Chemie 191. 309 (1930).

[2]) Vgl. J. u. W. Noddack, Die Sauerstoffverbindungen des Rheniums. Ztschr. f. anorg. u. allgem. Chemie 181. 1—37 (1929).

sauer. Sie löst Metalle, wie Zink und Eisen, unter Wasserstoffentwicklung auf; dabei reduziert sich ein Teil des Rheniums zu niederen Oxyden. Durch Leitfähigkeitsmessungen konnten wir feststellen, daß sich in der wäßrigen Lösung die einbasische Säure $HReO_4$, die Perrheniumsäure, befindet, die ein Analagon zur Permangansäure bildet, sich aber durch viel größere Stabilität auszeichnet.

Entsprechend ihrer Formel ist die Perrheniumsäure zur Bildung nur einer Reihe von Salzen befähigt, die wir Perrhenate genannt haben. Diese Salze sind farblos, soweit die Basis nicht gefärbt ist. Wir haben bisher folgende Perrhenate hergestellt und analysiert: Natriumperrhenat $NaReO_4$, Kaliumperrhenat $KReO_4$, Ammoniumperrhenat NH_4ReO_4, Rubidiumperrhenat $RbReO_4$, Cäsiumperrhenat $CsReO_4$, Thalliumperrhenat $TlReO_4$, Silberperrhenat $AgReO_4$, Kalziumperrhenat $Ca(ReO_4)_2$, Bariumperrhenat $Ba(ReO_4)_2$, Manganperrhenat $Mn(ReO_4)_2$ und Neodymperrhenat $Nd(ReO_4)_3$. Von mehreren dieser Salze wurden die Dichte, der Schmelzpunkt, die Lichtbrechung und die Löslichkeit in Wasser bestimmt. Dabei zeigte sich, daß alle Perrhenate in Wasser merklich löslich sind. Am schwersten löslich ist das Silberperrhenat, von dem sich bei 20° etwa 3 g im Liter Wasser lösen; ziemlich schwer löslich sind das Thalliumperrhenat und das Kaliumperrhenat (12 g pro Liter bei 20°). Die Perrhenate zeichnen sich durch große Stabilität aus, sie lassen sich fast unzersetzt an der Luft schmelzen (außer Ammoniumperrhenat).

Die wäßrigen Lösungen der Perrhenate werden durch milde Reduktionsmittel nicht verändert. Nach dem Ansäuern der Lösungen wird die Perrheniumsäure durch starke Reduktionsmittel zunächst gelb gefärbt, dann zu niederem schwarzem Oxyd reduziert. Beim Schmelzen von Rheniummetall oder von Perrhenaten mit Ätzalkalien entsteht eine gelbe Schmelze, in der die entsprechenden Salze der Rheniumsäure H_2ReO_4, die Rhenate, enthalten sind. Diese Salze sind rein gelb und zeichnen sich durch geringe Stabilität aus, so daß beim Lösen derselben in Wasser wieder Perrhenate entstehen. Den Rhenaten liegt wahrscheinlich ein rotes Oxyd ReO_3 zugrunde, das aber noch nicht rein dargestellt werden konnte.

Neben dem Heptoxyd Re_2O_7 entsteht bei der Verbrennung des Rheniums in Sauerstoff meist ein weißes, noch leichter flüchtiges Oxyd, das die Formel Re_2O_8 besitzt und als Peroxyd anzusprechen ist.

Bei vorsichtiger Reduktion von trockenem Re_2O_7 oder Re_2O_8 entstehen blaue und violette Oxyde, die in ihrer Zusammensetzung zwi-

schen ReO_3 und ReO_2 liegen. Bei stärkerer Reduktion bildet sich das schwarze Rheniumdioxyd ReO_2. Während die höheren Rheniumoxyde Säuren bilden, kann man annehmen, daß ReO_2 als schwache Base fungiert.

Von den Schwefelverbindungen des Rheniums sind bisher zwei untersucht. Beim Erhitzen von Rheniummetall in Schwefeldampf bildet sich das schwarze Rheniumheptasulfid Re_2S_7. Dasselbe Sulfid entsteht in wasserhaltiger Form beim Einleiten von Schwefelwasserstoff in eine angesäuerte Perrhenatlösung. Beim Erhitzen des Heptasulfids im Stickstoffstrom auf 500—600° entsteht das ebenfalls schwarze Rheniumdisulfid ReS_2. Rheniumheptasulfid löst sich nur sehr wenig in Schwefelalkalien, so daß Sulfosalze bisher nicht bekannt sind. Aus neutralen oder alkalischen Perrhenatlösungen wird Rhenium durch Schwefelion nur sehr langsam gefällt.

Mit Halogenen bildet Rhenium zahlreiche gefärbte Verbindungen. Isoliert wurden bisher ein leichtflüchtiges, hellgrünes Heptachlorid $ReCl_7$, ein braunes Hexachlorid $ReCl_6$ und ein braunes Bromid unbekannter Zusammensetzung. Durch Wasser werden alle Rheniumhalogenide hydrolisiert unter Bildung dunkler, schwer löslicher Körper, deren Zusammensetzung noch nicht bekannt ist.

In analytischer Hinsicht gehört Rhenium zur Schwefelwasserstoffgruppe, und zwar fällt das schwarze Rheniumheptasulfid um so leichter, je saurer die Lösung ist. Das ausgefallene Sulfid löst sich nicht in Schwefelammon, es gleicht darin den Sulfiden von Ruthenium, Osmium, Blei, Wismut und Silber.

Der direkte Nachweis des Rheniums in Mineralien ist wegen seiner äußerst geringen Konzentration meist nicht möglich, man muß die Mineralien zunächst auf dieses Element hin chemisch anreichern. Die Methoden hierzu richten sich jeweils nach der Natur des Minerals, wir haben darüber mehrfach berichtet[1]).

Hat das Rhenium eine Konzentration von 10^{-6} bis 10^{-7}, so ist im Bogenspektrum das charakteristische Triplett bei 3640 Å sichtbar. Bei Konzentrationen über $2 . 10^{-4}$ sind die Linien $L\alpha_1$ und $L\beta_1$ des Röntgenspektrums ein sicherer Nachweis. Sobald der Rheniumgehalt in einem Schwermetallgemisch etwa 0,5% erreicht hat, läßt sich das Element durch Bildung seiner charakteristischen, flüchtigen Oxyde beim Erhitzen im Sauerstoffstrom erkennen. Die Aufsuchung des Rheniums

[1]) Vgl. Ztschr. f. physik. Chemie 125, 268 (1927).

ist also für den Analytiker nur noch mit der besonderen Schwierigkeit verknüpft, daß man wegen der großen Seltenheit des Elements ungewöhnlich große Mineralmengen in Arbeit nehmen muß.

Wir haben im Vorstehenden einen kurzen Blick über die bisher bekannten Eigenschaften des Elements Rhenium getan. Da wir diese Eigenschaften zum größten Teil an einer Menge von weniger als 1 g studiert haben, stellen diese Resultate gewissermaßen nur eine Einleitung zur Erforschung der Chemie und Physik des Rheniums dar. Mit den jetzt vorhandenen, großen Mengen Rhenium wird, wie wir wissen, an mehr als 100 Stellen gearbeitet, so daß man eine rasche Weiterentwicklung der Kenntnisse von dem jungen Element erwarten kann.